ORTAÖĞRETİM

FİZİK 9

Ders Kitabı

Bu kitap, Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı'nın 28.05.2018 tarih ve 78 sayılı (ekli listenin 176'ncı sırasında) kurul kararıyla 2018-2019 öğretim yılından itibaren 5 (beş) yıl süreyle ders kitabı olarak kabul edilmiştir.

Yazar

Fatma Dilek HEPDOĞRU

TUTKU YAYINCILIK

ISBN

978-975-8851-87-4

•

Dil Uzmanı

Necla ŞANAL

•

Görsel Tasarım Uzmanı

Aysel GÜNEY TÜRKEÇ

•

TUTKU YAYINCILIK

Kavacık Subayevleri Mah. Fahrettin Altay Cad. No.: 4/8 Keçiören/ANKARA

tel.: (0.312) 318 51 51 - 50 • belgegeçer: 318 52 51

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

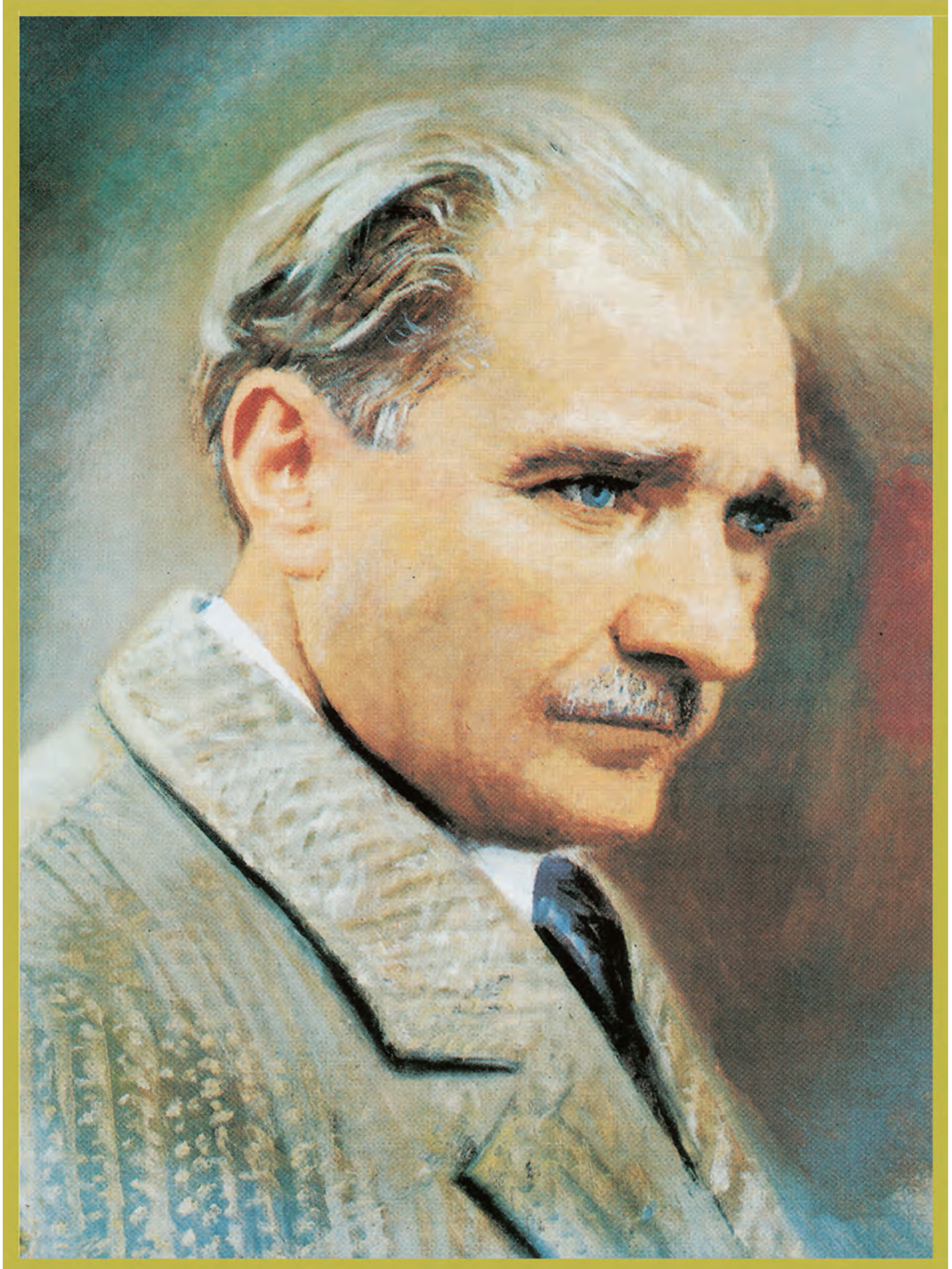
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



Mustafa Kemal ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

ORGANİZASYON ŞEMASI....9

LABORATUVAR GÜVENLİK SEMBOLLERİ 11

1. ÜNİTE: FİZİK BİLİMİNE GİRİŞ....13

1.1. FİZİK BİLİMİNİN ÖNEMİ 15

1.2. FİZİĞİN UYGULAMA ALANLARI....18

1.2.1. Fiziğin Alt Dalları, Uygulama Alanları, Mesleklerle ve Diğer Disiplinlerle İlişkisi 18

1.3. FİZİKSEL NİCELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI....28

1.3.1. Fiziksel Nicelikler....28

1.4. BİLİM ARAŞTIRMA MERKEZLERİ.... 35

1.4.1. Bilim Araştırma Merkezlerinin Fizik Bilimi İçin Önemi 35

1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI....45

2. ÜNİTE: MADDE VE ÖZELLİKLERİ....53

2.1. MADDE VE ÖZKÜTLE....54

2.1.1. Maddelerin Kütleleri ile Hacimleri Arasındaki İlişki....54

2.1.2. Günlük Hayatta Saf Maddelerin ve Karışımların Özkütlelerinden Faydalanılan Durumlar....66

2.2. DAYANIKLILIK....69

2.2.1. Dayanıklılık Kavramı 69

2.3. YAPIŞMA VE BİRBİRİNİ TUTMA 74

2.3.1. Yapışma (Adezyon) ve Birbirini Tutma (Kohezyon) Olayları 74

2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI....83

3. ÜNİTE: HAREKET VE KUVVET 91

3.1. HAREKET 92

3.1.1. Hareket Çeşitleri....92

3.1.2. Konum, Alınan Yol, Yer Değiştirme, Sürat ve Hız Kavramları 95

3.1.3. Düzgün Doğrusal Hareket İçin Konum, Hız ve Zaman Kavramları 100

3.1.4. Ortalama Hız ve Anlık Hız 107
3.1.5. İvme....110
3.1.6. Hareket Görecelidir 114
3.2. KUVVET....116
3.2.1. Kuvvet Kavramı....116
3.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI....122
3.3.1. Dengelenmiş Kuvvetlerin Etkisindeki Cisimlerin Hareket Durumları 122
3.3.2. Kuvvet, İvme ve Kütle Kavramları Arasındaki İlişki 124
3.3.3. Etki-Tepki Kuvvetleri....126
3.4. SÜRTÜNME KUVVETİ....129
3.4.1. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler 129
3. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI....135

4. ÜNİTE: ENERJİ 147
4.1. İŞ, ENERJİ VE GÜÇ 148
4.1.1. İş, Güç ve Enerji Kavramları Arasındaki İlişki....148
4.2. MEKANİK ENERJİ 155
4.2.1. Mekanik Enerji Türleri, Kinetik ve Potansiyel Enerji 155
4.3. ENERJİNİN KORUNUMU VE ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ 165
4.3.1. Enerji Korunumu, Aktarımı, Enerjinin Bir Türden Diğerine Dönüşümü....165
4.3.2. Canlıların Besinlerden Kazandıkları Enerji....170
4.4. VERİM....172
4.4.1. Verim Kavramı ve Enerji Verimliliği 172
4.5. ENERJİ KAYNAKLARI....176
4.5.1. Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları....176
4. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 188

5. ÜNİTE: ISI VE SICAKLIK....197
5.1. ISI, SICAKLIK VE İÇ ENERJİ 198
5.1.1. Isı, Sıcaklık ve İç Enerji Kavramları Arasındaki İlişki....198
5.1.2. Termometre Çeşitlerinin Kullanım Amaçları....200

5.1.3. Sıcaklık Birimleri 203
5.1.4. Öz Isı ve Isı Sığası Kavramları 205
5.1.5. Saf Maddelerin Sıcaklık Değişiminin Bağlı Olduğu Değişkenler 207
5.2. HÂL DEĞİŞİMİ 210
5.2.1. Saf Maddelerin Hâl Değişimi İçin Gerekli Isı Miktarı 210
5.3. ISIL DENGE 215
5.3.1. Isıl Denge Kavramının Sıcaklık Farkı ve Isı Kavramı ile İlişkisi 215
5.4. ENERJİNİN İLETİM YOLLARI VE ENERJİ İLETİM HIZI 218
5.4.1. Isının İletim Yolları 218
5.4.2. Katı Maddedeki Enerji İletim Hızını Etkileyen Değişkenler 223
5.4.3. Enerji Tasarrufu İçin Yalıtım 226
5.4.4. Hissedilen Sıcaklık ile Gerçek Sıcaklık Arasındaki Fark Nedir? 228
5.4.5. Küresel Isınma Olayının Nedenleri ve Ortaya Çıkardığı Etkiler 230
5.5. GENLEŞME 234
5.5.1. Katı ve Sıvılarda Genleşme ve Büzülme 234
5. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 241

6. ÜNİTE: ELEKTROSTATİK 249
6.1. ELEKTRİK YÜKLERİ 250
6.1.1. Elektrikle Yüklenme Çeşitleri 250
6.1.2. Elektriklenen İletken ve Yalıtkanlarda Yük Dağılımları 268
6.1.3. Elektrik Yüklü Cisimler Arasındaki Etkileşim 276
6.1.4. Elektriksel Alan 281
6. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 285

SÜREÇ VE ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI 295
ALIŞTIRMA SORULARI CEVAP ANAHTARI 301
SÖZLÜK 303
KAYNAKÇA 309
GÖRSEL KAYNAKÇA 310

ORGANİZASYON ŞEMASI

Konularla ilgili yapılacak araştırmaların verildiği bölümdür.

Araştıralım

LASERleri araştırarak LASER teknolojisinin günlük hayattaki kullanım alanları hakkında bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri bir rapor hâline getirerek sınıf ortamında sunum yapınız.

Ünite içerisinde konu ile ilgili yapılacak etkinliklerin verildiği bölümdür.

Madde	Yüzey gerilimini artırır.	Yüzey gerilimini azaltır.
Tuz		
Şeker		
Sabun		
Gliserin		
Yağ		

Deneyin niteliğine göre dikkat edilmesi gereken durumları gösteren güvenlik logolarının yer aldığı bölümdür.

Deneyde yapılacak iş ve işlemlerin aşama aşama anlatıldığı bölümdür.

Deneyde kullanılacak araç ve gereçlerin listelendiği bölümdür.

Deneyde yapılacak iş ve işlemlerin fotoğraflarının bulunduğu bölümdür.

Deneyin işlenişi doğrultusunda hazırlanan, deneyin amacına ulaşmamızı sağlayacak nitelikte soruların yöneltildiği bölümdür.

Deney 2-1

Sabit Sıcaklık ve Basınçta Bazı Katı Maddelerin Özkütlelerinin Bulunması ve Karşılaştırılması

Deneyin Uygulanışı

1. Aşağıdaki tabloyu defterinize çiziniz.

2. Aynı tür çakıl taşlarını tek tek tartarak kütlelerini tabloya kaydediniz.

	Kütle	Hacim (cm^3)
1. ölçüm		
2. ölçüm		
3. ölçüm		

Araç ve Gereçler

- Eşit kollu terazi ve tartım takımı
- Aynı tür çakıl taşları (3 adet)
- Demir parçaları
- Dereceli silindir (100 mL)

3. Bu taşların hacimlerini daha önce öğrendiğimiz gibi içinde su bulunan dereceli silindir yardımıyla bularak tabloya yazınız.

4. Bulduğunuz hacim ve kütle değerlerinden taşın özkütlesini hesaplayınız.

5. Yukarıdaki işlemleri taş parçaları yerine demir parçaları kullanarak tekrarlayınız. Arkadaşlarınızla ölçüm sonuçlarınızı karşılaştırınız.

6. Taş ve demir parçaları için kütle ve hacim değerlerinden yararlanarak bu maddelerin özkütlelerini hesaplayınız.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Taş ve demir için bulduğunuz özkütleleri arkadaşlarınızın bulduğu özkütle değerleriyle karşılaştırınız. Özkütle değerleri farklı mı? Farklı ise sebepleri neler olabilir?

2. Özkütle bir maddeyi tanımada ya da ayırt etmede kullanılabilir mi? Tartışınız.

Konularla ilgili alıştırmaların verildiği bölümdür.

Alıştırma 3-7

m, 2m, 3m; $\vec{F}$; Yatay

Sürtünme katsayısının aynı olduğu yatay yüzeylerde F büyüklüğündeki kuvvetlerle oklarla gösterilen yönde hareket ettirilen m, 2m ve 3m kütleli cisimlere etkiyen sürtünme kuvvetleri sırasıyla $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ büyüklüğündedir. Buna göre $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetlerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.

İşlediğiniz konuya kadar öğrendiklerinizi kontrol amacıyla konulmuş bölümdür.

Süreci Değerlendirelim 1-3

Aşağıdaki parantez içindeki boşluklara verilen cümleler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) ( ) Akım ve ışık şiddeti temel büyüklüktür.

2) ( ) 1000 santimetre 1 metredir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanma yeteneklerinizi geliştirmek ve konulara görsellik de katmak amacıyla konulmuş bölümdür.

Bilgi İletişim Teknolojisi

Kuvvet, ivme ve kütle arasındaki ilişkiyi aşağıdaki genel ağ adresinden izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/727jf5

Öğrenilenleri pekiştirmek amacıyla örnek soru ve problemlerle çözümlerinin verildiği bölümdür.

Örnek

m 2m m 2m

Mermer I, Tahta II, Tahta III, Mermer IV

Bir öğrenci yatay zeminde hareketli bir cisme etkiyecek sürtünme kuvvetinin yüzeyin cinsine bağlı olduğunu açıklamak istiyor. Buna göre öğrencinin yukarıdaki düzeneklerden hangileri ile çalışması uygun olur?

Çözüm

Hareketli cisimler için sürtünme kuvveti $\vec{F}_s = k\vec{N}$ olup, cismin kütlesinden ve sürtünme katsayısından etkilenir.

Buna göre öğrenci kütleleri aynı, bulunduğu zeminleri farklı olan I ve III. düzenekleri seçmelidir.

Öğrenilenleri sınıf ortamında tartışabilmek için belirlenmiş tartışma konularını içeren bölümdür.

Araştıralım – Tartışalım

Tarihten günümüze kadar zaman ölçümünde kullanılan (güneş, su, kum, mekanik ve atom saatleri gibi) saatleri araştırınız. İnsanlar tarih boyunca neden hep zamanı ölçme ihtiyacı hissetmiş olabilirler? Saatlerdeki bu kronolojik gelişme neye paralel olarak gerçekleşmiştir? Bu soruların cevaplarını sınıf ortamında tartışınız.

Öğrenilenleri uygularken gözden kaçırılmaması gereken bilgilerin hatırlatıldığı bölümdür.

Uyarı

Yol skaler, yer değiştirme vektörel bir büyüklüktür.

Konu ile ilgili çalışmalar yapmış bilim insanlarını tanıtan veya konu ile ilgili çalışmalar hakkında bilgiler veren metinlerin bulunduğu bölümdür.

Okuma Metni

Michael Faraday

19. yüzyılın en büyük bilim insanlarından olan Faraday elektromanyetik indüksiyonu, elektroliz kanunlarını, ışıkla manyetizma arasındaki temel bağlantıları bulmuştur. Bu başarılı keşifleri sayesinde Faraday, modern elektromanyetik alanlar teorisini meydana getiren kavramların temellerini atmıştır. Bugün bütün elektrik motorları ve dinamolar bu esaslara dayanarak yapılmaktadır. Bu nedenle Faraday, elektrik çağının başlamasını sağlayan bilim insanlarından biri olarak kabul edilmektedir.

Faraday'ın insanlığa bir başka önemli katkısı da elektrik akımı birimi "amper"in kesin tanımını vermiş olmasıdır. Elektroliz sistemlerindeki "elektrolit", "iyon", "elektrot", "katot" ve "anot" gibi kavramların keşfini de ona borçluyuz.

Faraday, 1836 yılında kendi adıyla bilinen "Faraday kafesi"ni icat etmiştir.

Faraday'ın en önemli eserleri şunlardır: Experimental Researches in Electricity (Elektrik Üzerine Deneysel Araştırmalar), Experimental Researches in Chemistry and Physics (Kimya ve Fizik Üzerine Deneysel Araştırmalar), On The Various Forces In Nature (Tabiattaki Çeşitli Kuvvetler Üzerine).

(Yazar tarafından derlenmiştir.)

Konu ile ilgili bilgi ve becerilerin geliştirilip pekiştirilmesi amacıyla yapılması istenilen proje çalışmalarını içeren bölümdür.

Proje

Verim Artırmak İçin Tasarım Yapıp Model Geliştirelim

1. Sınıfınızda iki kişilik gruplar oluşturunuz.
2. Günlük hayatta kullanılan makine çeşitlerini belirleyiniz.
3. Siz de bir makine tasarlayınız ve model geliştiriniz.
4. Bu makinenin enerji verimliliğini geliştirmek için neler yapabileceğinizi tartışınız.

Her ünitenin sonunda öğrencinin kendisini değerlendirebileceği ünite değerlendirme çalışmalarının bulunduğu bölümdür.

1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1) Aşağıdaki paragraftan yola çıkarak şıklarda verilen soruları yanıtlayınız.

Fizik bilimi; mekanik, termodinamik, elektromanyetizma, optik, katı hâl fiziği, atom fiziği, nükleer fizik, yüksek enerji ve plazma fiziği gibi alt dallardan oluşur. Bu alt dallardaki çalışmalar mühendislik, tıp alanlarında, teknolojik gelişmelerde başlıca dayanak noktasıdır.

Buna göre;

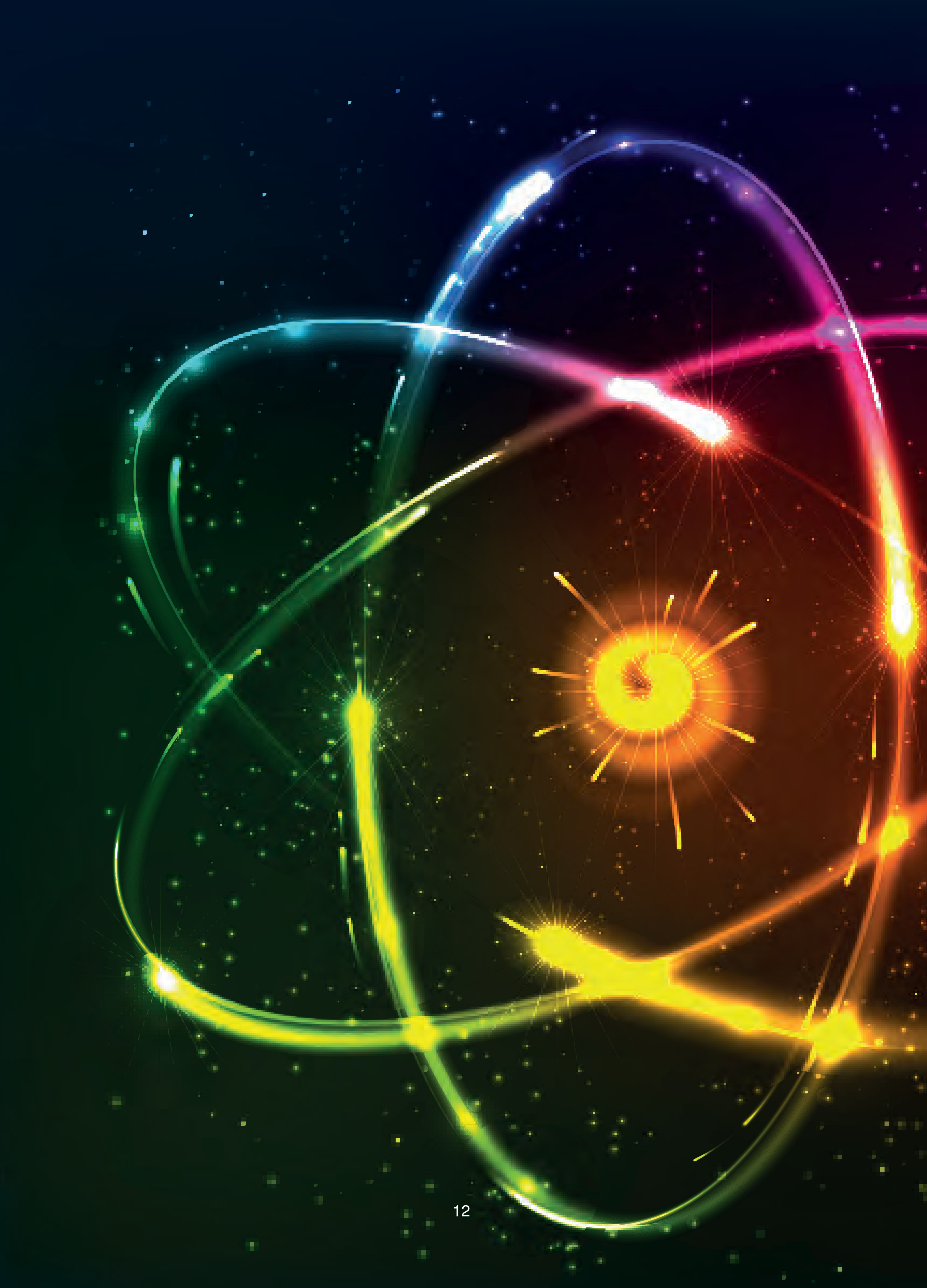
a) Fizik biliminin prensiplerine dayalı çalışan tıp alanında kullanılmakta olan araç ve gereçlere örnekler veriniz.

b) Fizik biliminin prensiplerine dayalı çalışan ulaşım araçlarına örnekler veriniz.

c) Fizik biliminin prensiplerine dayalı çalışan ev araç ve gereçlerine örnekler vererek fiziğin hangi alt dalına ait çalışmaların ürünü olduğunu belirtiniz.

LABORATUVAR GÜVENLİK SEMBOLLERİ

	Yangın güvenliği uyarısı: Açık alev etrafında tedbir alınması gerektiğini belirtir.
	Kimyasal madde uyarısı: Deriye dokunması hâlinde yakıcı veya zehirleyici olabilen, ayrıca cisimlere temas ettiğinde aşındırıcı etkisi olan kimyasal maddeler kullanılırken dikkat edilmesi gerektiğini belirtir.
	Kırılabilir malzeme, cam uyarısı: Yapılacak deneylerde kullanılacak cam malzemelerin kırılabilecek türden olduğunu gösterir. Cam araç ve gereçlerin kullanılmadan önce temiz olduğundan, kırığı ve çatlağı bulunmadığından emin olunmalıdır.
	Gözlük kullanma uyarısı: Gözler için tehlike olduğunu gösterir. Kimyasal maddeler ve ateşle çalışırken ya da göze zarar verme olasılığı bulunan tüm çalışmalarda koruyucu gözlük takılması gerektiğini belirtir.
	Patlama (infilak) güvenliği uyarısı: Yanlış kullanımdan dolayı patlamaya sebep olacak kimyasal maddeleri gösterir.
	Eldiven uyarısı: Cilde zararlı bazı kimyasal maddelerle çalışırken eldiven kullanılması gerektiğini hatırlatan uyarı işaretidir.
	Kesici cisimler güvenliği uyarısı: Kesici ve delici cisimler kullanılırken dikkatli olunması gerektiğini gösterir.
	Zehirli madde uyarısı: Zehirli maddeler kullanılırken dikkatli olunması gerektiğini belirtir.
	Açık alev uyarısı: Yakıcı ve kolay tutuşabilir maddeler kullanılırken tedbir alınması gerektiğini belirtir.
	Elbise güvenliği uyarısı: Elbiseyi lekeleyecek veya yakacak maddeler kullanılırken dikkatli olunması gerektiğini belirtir.
	Elektrik güvenliği uyarısı: Elektrikli aletler kullanılırken dikkat edilmesi gerektiğini gösterir.



1. ÜNİTE

FİZİK BİLİMİNE GİRİŞ

KONULAR

- FİZİK BİLİMİNİN ÖNEMİ
- FİZİĞİN UYGULAMA ALANLARI
- FİZİKSEL NİCELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI
- BİLİM ARAŞTIRMA MERKEZLERİ

Öğrenilecek Bilimsel Kavram ve Terimler

- Fizik bilimi
- Temel-türetilmiş büyüklükler
- Vektörel-skaler büyüklükler
- Bilim araştırma merkezi

Ünite İçin Ön Hazırlık Soruları

- Fizik bilimi deyince ne anlıyorsunuz? Fizik biliminin günlük hayatımızda yeri ve önemi nedir? Araştırınız.
- Fizik bilimi evrendeki olayların açıklanmasında, uzay araştırmalarında hangi bilim dalı ile birlikte çalışmaktadır? Araştırınız.
- Fizik biliminin ilkeleri ve buluşlarının kullanıldığı diğer bilim dalları nelerdir? Araştırınız.
- Hangi merkezler ülkemizde ve Dünya'da bilimsel araştırmalar yapmaktadır? Bu merkezlerin çalışma etikleri neler olmalıdır? Araştırınız.

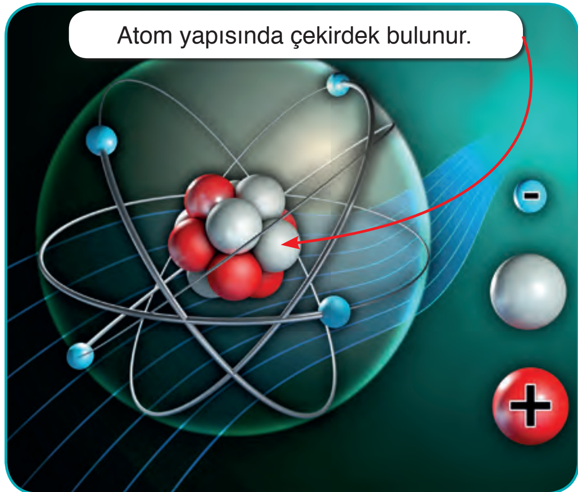
FİZİK BİLİMİNE GİRİŞ

Bilimsel düşünme, bilimsel düşünceyi gözlem ve deneylerle somutlama çalışmaları fen bilimlerini ortaya çıkarmıştır. Sizler de bu yıla kadar fen bilimleri derslerinde genel olarak canlı ve cansız yapıları, temel kavram ve prensipleri ile incelediniz. 9. sınıfta fen bilimlerini oluşturan fizik, kimya, biyoloji bilimlerini ayrı ayrı incelemeye başlayacaksınız.

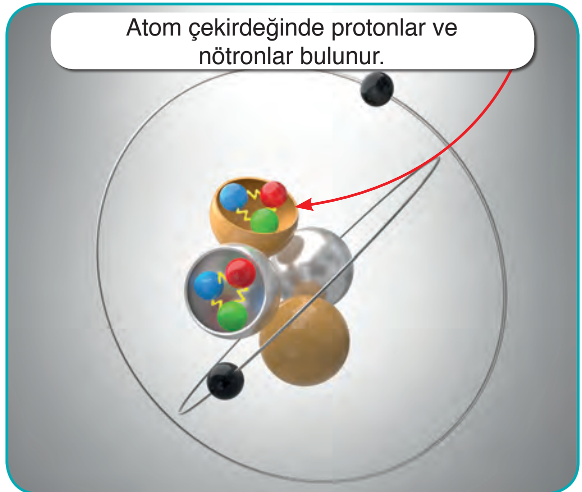
Fizik; atom çekirdeğinin yapısından başlayarak maddenin özelliklerini, hareketlerini, devinimlerini, birbirleri ile etkileşimlerini, bu noktadan genişleyerek de Dünya'yı, gezegenleri, yıldız ve galaksilerle evrenin yapısını ve oluşumunu inceler. Kısacası fizik, madde boyutu ne olursa olsun tüm sistemlerin yapısını ve birbiri ile etkileşimini ele almaktadır. Bu hâliyle fizik bilimini öğrenmek heyecan vericidir, fizik bilimi insana öğrenme merakı ile elde edeceği eğlenceli deneyimler kazandırır.

Görsel 1.1: Bir yeryüzü parçası

Görsel 1.2: Yeryüzü parçasında bir taş kütlesi



Görsel 1.3: Atomun yapısı



Görsel 1.4: Atom çekirdeği yapısı

Görsel 1.1,1.2,1.3 ve1.4'te bir yeryüzü parçasının yapısından atoma ve çekirdeği oluşturan alt parçacıklara geçiş gösterilmiştir. Fizik, bu her geçişin içerisindeki parçacık yapılarını ve hareketlerini inceler.

Fizik; aynı zamanda Dünya'nın oluşumunu, yapısını, hareketini, Güneş sistemini ve evrenin oluşumunu inceleyen bir bilim dalıdır. Bu nedenle fizik, incelediği konuların içeriğinden dolayı bir doğa bilimi olarak da adlandırılır.

Fiziğin bilimsel çalışma alanı çok geniş olduğundan alt dallara ayrılır. Fiziğin alt dallarını, uygulama alanlarını ve diğer bilimlerle ilişkisini bu bölümde göreceksiniz. Ayrıca bu ünitede fiziksel büyüklükler temel-türetilmiş ve skaler-vektörel büyüklükler olarak sınıflandırılacaktır.

Fiziğin tarihsel gelişimi içerisinde bilimsel çalışmalar yapan bilim insanlarını tanıyacak, bilimsel çalışmaların yapıldığı merkezleri öğreneceksiniz.

1.1. FİZİK BİLİMİNİN ÖNEMİ

Fizik biliminin temeli insanların doğa olaylarını merak etmesi ile atılmıştır. Gözlem yapmaktan deney yapmaya yöneliş sonucunda bilimsel buluşlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bilimsel buluşlar gelişerek günümüzdeki teknolojinin oluşumunu sağlamaktadır. Sürekli gelişen teknoloji aslında sürekli gerçekleşen bilimsel çalışmaların sonucudur.

Hayatımızı kolaylaştıran birçok ürüne, fizik biliminin prensip ve yasaları kullanılarak ulaşıldığını unutmamalıyız. El arabasından uçaklara, dişlilerden elektronik saatlere, fotoğraf makinesinden televizyona, bilgisayar ve cep telefonlarına kadar hayatımızda yer alan araçları düşündüğümüzde fizik biliminin önemini yadsıyamayız. Fizik bilimi, tıp alanında kullanılan cihazların icadında da katkısı olan önemli bir bilim dalıdır. İnsan sağlığının korunması, hastalıkların teşhis ve tedavisi için kullanılan araçlarda fizik biliminin katkısı büyüktür.

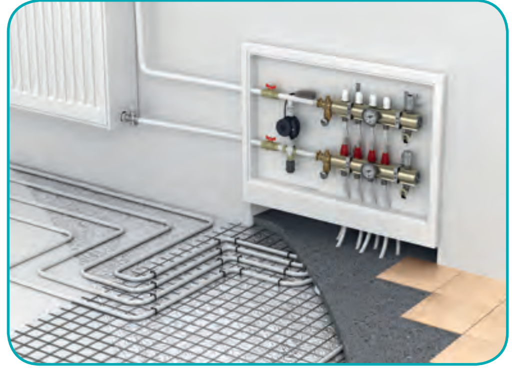
Görsel 1.5'teki aydınlatma aracının icadı ile birlikte insan yaşamında yeni bir dönem başlamıştır. Fizik bilgisi kullanılarak yapılan bu icat, aynı zamanda zihinsel aydınlanmanın da gerçekleşmesini sağlar. Önceleri Güneş ışığının olmadığı saatlerde kitap okumanın büyük zorluklarla gerçekleşebildiğini düşünürseniz, ampulün yaşamımızdaki önemini fark edersiniz. Ampulün sadece odalarımızı aydınlatmadığını fark edersiniz.

Görsel 1.5: Ampul

Görsel 1.6 a ve b'deki uydu sistemlerinin kurulumu televizyonların, bilgisayar ve akıllı telefonların çalışmasını sağlamaktadır. Böylelikle bilgi başkalarına ulaştırılıp paylaşılabilmektedir. Paylaşma, bilginin yayılmasını sağlamakta ve bilimsel gelişmeyi hızlandırmaktadır. Bu şekilde bilginin adaletli dağılımı sağlanmış ve toplumun her kesiminde eş zamanlı bilinçlenme gerçekleşmiş olur.

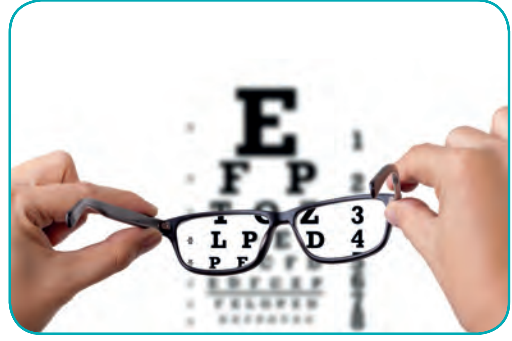
Görsel 1.6: a. İletişim için gerekli uydular b. Çanak anten

Görsel 1.7'deki gibi ısı iletimi ve yalıtımının gerçekleştirilmesi, konutlarda hem konforu hem de enerji kaybının önlenmesini sağlamaktadır. Bu uygulamada da fizik bilgisi kullanılmaktadır. Yerden ısıtmanın gerekçesi sizce ne olmalıdır?



Görsel 1.7: Evlerde ısı yalıtımı

Gözlüksüz okumada zorluk çeken birinin göz kusuru bulunması muhtemeldir. Gözlükler (Görsel 1.8), göz kusuruna göre mercekler içeren optik araçlardır. Işığın kırılma prensiplerine bağlı çalışırlar. Göz kusuru bulunan birinin yazılı belgeleri, kitapları okuyamamasının getireceği sorunların yaşamını nasıl olumsuz etkileyeceğini düşününüz.



Görsel 1.8: Gözlük

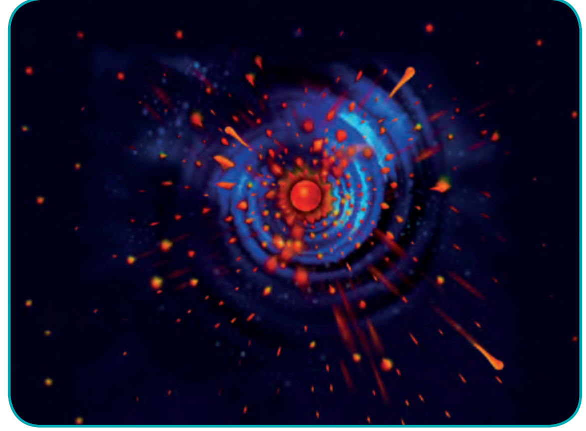
Görsel 1.9'daki bilgisayar ve akıllı telefon hayatımızın vazgeçilmezleri olmuştur. Bilgisayarların yalnızca kurumların işleyişindeki rolünü düşündüğümüzde bile bu sonuca ulaşmak mümkündür. Bilgisayar ve akıllı telefonlarda da fizik yasaları ile başlayıp elektronik bilgilerle donatılan bir çalışma sistemi bulunur.

Görsel 1.9: Bilgisayar ve akıllı telefon

Yukarıda verdiğimiz örnekler, fiziğin hayatımızdaki yeri ve önemi için verilebilecek olanlardan yalnızca birkaçıdır. Bir musluğu açıp kapamaktan bisiklet pedalının çevrilmesine, duvara astığımız bir tablonun dengesinden lunaparkta dönen salıncakların hareketine kadar karşılaştığımız sayısız olayda fizik biliminin prensip ve yasaları işlemektedir. Fizik öğrenmenin eğlenceli ve heyecan verici olduğunu tüm bu olaylardaki rolünü öğrenmeye başladığınızda daha çok fark edeceksiniz.

Fiziğin evrenin oluşumu ve evrendeki olayların anlaşılmasında da en önemli bilim dalı olduğu görülmektedir.

Evrenin oluşumu ile ilgili ortaya atılan teorilerden Büyük Patlama Teorisi, Görsel 1.10'daki gibi çok yüksek yoğunluk ve sıcaklıktaki bir oluşumun patlamasının evrenin başlangıcı olduğunu ortaya atmaktadır. Büyük Patlama Teorisi evrenin sürekli genişlediğini öne sürmektedir. Bu teoriyi destekleyip güçlendiren yine fizikteki ışık olaylarına bağlı sonuçlardır.



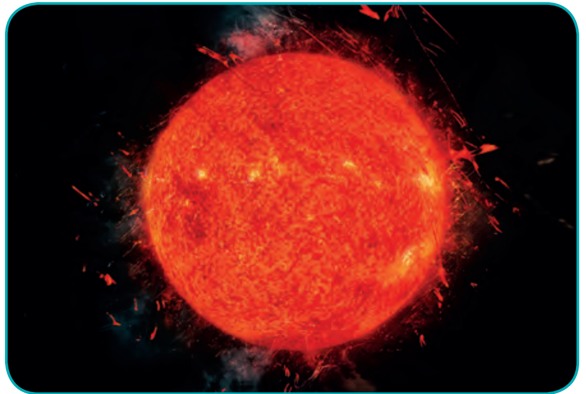
Görsel 1.10: Çok yüksek yoğunluk ve sıcaklıktaki bir oluşumun patlaması

Bu teoriden önce bilim insanları, insan gözünün göremeyeceği uzaklıktaki cisimleri gözlemleyebilmek için çalışmış, çok uzaktaki cisimlere bakmak için Görsel 1.11 ve 1.12'deki gibi dürbün ve teleskop adlı araçları icat etmiştir.

Görsel 1.11: Dürbün

Görsel 1.12: Teleskop

Teleskop, ayna ve mercek gibi malzemelerin birleştirilmesi ile meydana gelmiş, fizik biliminde ışığın yansıma ve kırılma olaylarına bağlı çalışan bir araçtır. Teleskop, gök bilimi olan astronominin de temel araçlarındandır.



Görsel 1.13: Evrendeki yıldızlardan biri olan Güneş

Güneş (Görsel 1.13) ve diğer yıldızlara ait bilgilerin ortaya çıkması da fizik bilimi ile gerçekleşmektedir. Güneş'in ve yıldızların oluşumu, fizikteki kütlesel çekim kuvvetine bağlı olarak açıklanmaktadır. Maddenin yoğunlaştığı yerlerde kütle çekiminin artması gaz bulutlarının daha da sıkışmasına neden olmuş, yüksek yoğunluktaki yıldızların oluşumu bu şekilde başlamıştır. Güneş enerjisi, Güneş'te gerçekleşen tepkimeler sonucunda ortaya çıkar. Işımalarla da Dünya'mıza kadar gelir.

Fizik bilimi, Güneş'in oluşumunu açıkladığı gibi enerjisinin nasıl tükeneceğini ve hangi aşamaları geçerek sönmeye başlayacağını da gerekçeleri ile ortaya koymaktadır.

Süreci Değerlendirelim 1-1

Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

çekirdek	fizik	karadelik
teleskop	mercekler	atom
kimya	Güneş	elektron
biyoloji	gezegen	astronomi

1) Fen bilimleri; .... , ... , ... bilimleri olarak üç ayrı gruba ayrılır.

2) Fizik bilimi .... çekirdeğindeki proton ve nötron yapılarını da inceler.

3) Gök cisimlerinin incelenmesini sağlayan araçlara .... denir.

4) Gözlükler göz kusuruna göre .... içeren optik araçlardır.

5) Fizik ve .... bilimleri evrende gök cisimlerini ve hareketlerini inceler.

1.2. FİZİĞİN UYGULAMA ALANLARI

1.2.1 Fiziğin Alt Dalları, Uygulama Alanları, Mesleklerle ve Diğer Disiplinlerle İlişkisi

Fizik biliminin alanı çok geniş olduğundan ilgilendiği konuların dallara ayrılarak incelenmesi zorunludur. Ele alınan konuların içeriğine göre kavramlar, madde boyutları ve madde etkileşmeleri değişmektedir. Bu nedenle fizik bilimi; mekanik, termodinamik, elektromanyetizma, optik, katıhâl fiziği, atom fiziği, nükleer fizik, yüksek enerji ve plazma fiziği olarak sekiz alt dala ayrılır.

Şimdi bu alt dalların içeriğini inceleyelim.

Mekanik: Işık hızından çok daha küçük hızlarla hareketli, atomlara göre boyutları çok daha büyük olan parçacıkların ve bu parçacıklardan oluşmuş sistemlerin hareketlerini ve durgun hâllerini inceler.

Mekaniğin durgun cisimleri ele alan bölümüne statik, yol-zaman-hız-ivme ilişkisini ele alan bölümüne kinematik, kuvvetle hareket arasındaki ilişkiyi inceleyen bölümüne ise dinamik adı verilir. Dolayısıyla bu içerik, Görsel 1.14'teki gibi tavana asılarak dengelenmiş bir saatten, kolonlarla dengelenmiş binalara, akışkanların durgun hâlinden hareketine, Görsel 1.15'teki gibi çok yüksek tonajlı yük gemilerinin su yüzeyinde kalabilmesinden, lunaparktaki arabaların ray üzerinde düşey düzlemde dönme hareketine kadar pek çok durum ve olayı kapsamaktadır. Bu nedenle başta makine mühendisliği olmak üzere; gemi, uçak ve inşaat mühendislikleri fizik biliminin bu alt alanı ile ilgili mesleklerdir.

Tarihte İbn-i Sina (980-1036), İbn-i Heysem (965-1040), Galileo Galilei (Galiyo Galilei, 1564-1642), Johannes Kepler (Yohanes Kepler, 1571-1630), Isaac Newton (Ayzek Newtın, 1642-1727), Joseph – Louis Lagrange (Jozıf-Luiz Lagreyinc, 1736-1813) mekanik dalında önemli çalışmalar gerçekleştirmiş bilim insanlarıdır.

Termodinamik: İş, ısı, sıcaklık ilişkisi ile çok sayıdaki parçacıkların istatistiksel davranışlarını, bazı enerji türlerinin birbiriyle bağlantılarını inceleyen fizik dalıdır. Isının dinamik özelliklerini, alışverişini ve yayılmasını açıklar. Isı iletkenliği, ısı yalıtımı konularını ele alır. Termodinamik alanındaki prensiplere bağlı olarak çalışan ev araç gereçleri, ısıtma soğutma sistemleri, ulaşım araçları, enerji üretim sistemleri hayatımızın vazgeçilmezleridir. Uygulama alanlarına bakıldığında termodinamiğin mühendisliklerde kullanılan bir fizik alt dalı olduğu görülmektedir. Görsel 1.16'daki termodinamik yasalara bağlı çalışan ısıtma sistemi, hayatımızın konforunu sağladığı gibi enerjiden tasarrufa da katkıda bulunur.

Görsel 1.14: Binaların taşıyıcı elemanları kolonlar ve tavanda asılı bulunan saat

Görsel 1.15: Yük gemisi

Görsel 1.16: Konutlarda kullanılan ısıtma sistemi

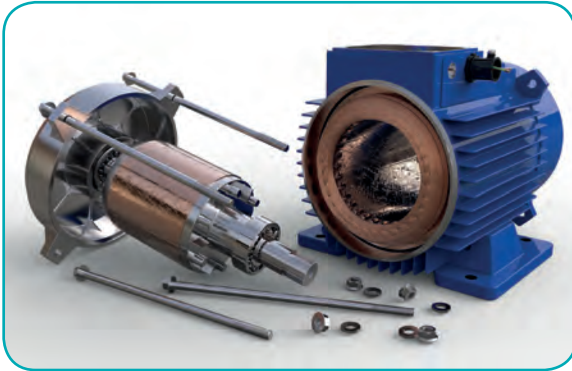
Görsel 1.17'deki buharlı tren günümüzde etkin olarak kullanılmasa da uzun bir süre insanlara hizmet etmiş termodinamik ilkelerle çalışan bir ulaşım aracıdır.

Görsel 1.17: Buharlı tren

Fiziğin bu alanında James Watt (Ceymis Vat, 1736-1819), James Clerk Maxwell (Ceymis Klerk Maksvel, 1831-1879) ve Max Planck (Maks Pilank, 1858-1947) gibi bilim insanlarının çalışmalar yaptığı bilinmektedir.

Elektromanyetizma: Elektrik yükünü, yüklü parçacıkların hareketi ile meydana gelen olayları, bu parçacıklar arasındaki kuvvetleri, manyetik madde ile özelliklerini, oluşturdukları etki alanlarını inceler. Manyetik maddeler gibi elektriğin de manyetik etkisi bulunduğunu açıklayan fizik alanıdır.

Elektromanyetizma yasaları; radyo, televizyon, bilgisayar, yüksek enerji hızlandırıcıları, elektrik motoru ve elektronik cihazların çalışmalarında kullanılır. Elektrik-elektronik mühendisliği fiziğin bu alt dalı ile ilgili mesleklerdendir.



Görsel 1.18: Elektrik motoru

Görsel 1.19: NMR cihazı

Görsel 1.18'deki elektrik motoru, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektromanyetik bir araçtır. Görsel 1.19'da verilen nükleer manyetik rezonans (NMR) cihazı ile canlıların yapısındaki oluşumları tespit etmek, X-Işınları (Röntgen) cihazı ile de organik yapıları görüntülemek mümkündür. Elektromanyetik prensiplerle çalışan bu araçların tıp alanındaki yeri oldukça önemlidir.

Elektromanyetizma; elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislikleri başta olmak üzere mühendisliklerde öğrenilen fizik alanıdır.

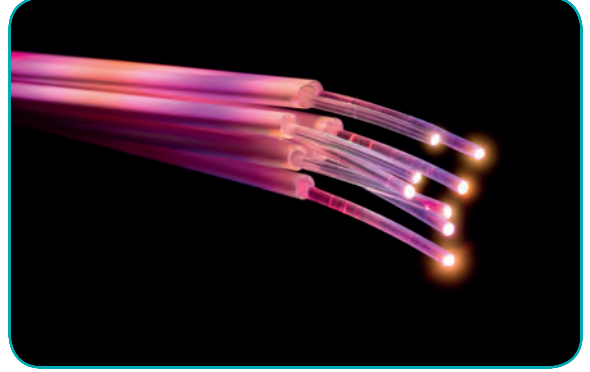
Bu dalın tarihsel gelişiminde; William Gilbert (Vilyım Cilbırt, 1544-1603), Charles Coulomb (Çarls Kulon-1736-1806), Hans Oersted (Hans Örsted, 1777-1851), Michael Faraday (Maykıl Feredey, 1791-1867), Joseph Henry (Cozıf Henri, 1797-1878), James Clark Maxwell (1831-1879) önemli rol oynamıştır.

Optik: Işığın yapısı ve yayılması, yansıma, kırılma, girişim, kırınım, polarlama gibi olaylarını inceleyen; bununla beraber ışığın madde ile etkileşimini ele alan fizik alt dalıdır. Yansıma olayını gerçekleştiren aynalar ile kırılma olayını gerçekleştiren mercekler ve bu araçların birlikte bulunduğu optik sistemler günlük hayatımızda oldukça büyük bir yer kaplar. Optik kurallara uygun çalışan araçlara; gözlük, büyüteç, dürbün, mikroskop, teleskop, fotoğraf makinesi, kamera, cam optik fiber kabloları örnek vermek mümkündür.

Görsel 1.20'deki mikroskop, farklı bilim dallarında da kullanılan optik yapısıyla çok küçük birimleri inceleme fırsatı sağlayan bir araçtır.

Görsel 1.21'deki fiber kablolar cam içerisinde ışık sinyalleri ile bilgilerin uzun mesafelere taşınmasını sağlar. Bu nedenle günümüzde iletişim teknolojisinde yer alırlar.

Görsel 1.20: Mikroskop



Görsel 1.21: Fiber optik kablo

Isı ve ışık yalıtımında düzlem aynalar, geniş açılı görünümlerin sağlanması için de tümsek aynalar kullanılır. Örneğin tümsek aynalar bir mağazanın köşesine yerleştirildiğinde güvenliği sağlarken dar virajlı bir yolun girişine yerleştirildiğin de kazaların önlenmesine yardımcı olur. Çukur aynalar ise araba farlarında, tavan aydınlatmada, makyaj yapımında kullanım alanı bulmaktadır.

Optik alt alanının kullanıldığı meslekler içerisinde göz doktorluğu başta gelmektedir. Bunun dışında bazı mühendislik bölümlerinde, örneğin elektronikte de kullanılmaktadır.

Isaac Newton (1643-1727), Christian Huygens (Kırisçıyn Huygıns, 1629-1695), James Clerk Maxwell (1831-1879), Max Planck (1858-1947), Albert Einstein (Albert Aynştayn,1879-1955) fiziğin optik alanında çalışmalar yapmış bilim insanlarıdır.

Araştıralım – Tartışalım

Optik araçlardan fiber kabloları araştırarak kullanım alanları hakkında bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri sınıf ortamında paylaşınız. Bunun için sınıfınızdaki etkileşimli tahtadan yararlanınız. Bilgi paylaşımının yararlarını, paydaşlara neler kazandırdığını öğretmeninizin gözetiminde tartışınız.

Tartışma, birbirine karşıt düşüncelerin karşılıklı biçimde savunulması olarak açıklanabilir. Burada asıl amaç, doğruların tek bir boyutu olmadığını, birçok yönünün olduğunun görülebilmesidir. Tartışmanın; olaylara çok yönlü bakabilme, eleştirebilme, eleştiriden yaralanabilme, hoşgörülü ve saygılı olma, küsmeme, kırılmama gibi kavramları geliştirmeye büyük bir katkısı vardır.

Saygılı olmak, tartışmanın kavgadan ayrılmasını sağlayacak en önemli unsurdur. Düşüncelerimizi aktarırken kendimizi karşımızdakinin yerine koyarak, bilgili olmanın getirdiği alçak gönüllülükle hitap etmeyi ilke edinmeliyiz. Siz de sınıf içi tartışmalarda karşımızdakini dinlemenin ve görgü kurallarına uygun davranmanın tartışmanın verimliliğini artıracağını unutmayınız.

Katıhâl fiziği: Katı cisimlerle ilgilenen, katı cisimlerin yapısını fiziksel olarak nitelendirilebilecek elektrik, manyetik, optik, esneklik özelliklerini temel fizik prensiplerine dayalı inceleyen fizik dalıdır. Maddenin yarı iletken, manyetik, ferromanyetik yarı iletken, tek kristal, polikristal gibi tanımlanması için yapılan çalışmaları içerir. Araştırmaların en önemli bölümü kristallerin karakteristiğini belirlemektir. Çünkü maddenin tanınması ve elektrik, manyetik, optik, mekanik (esneklik) özelliklerinin bilinmesi bazı mühendislikler için büyük önem taşır. Özellikle elektronik ve bilgisayar mühendisleri bu alan bilgilerine dayalı çalışmaktadır.

Kristal yapılı maddeler de katıhâl fiziğinin inceleme alanındadır. Bu maddelerin yapısal özellikleri belirlenerek günlük hayatta kullandığımız malzemelerin üretimi yapılır.

Görsel 1.22'deki tablet bilgisayarlar gibi elektronik parçalarda kullanılan malzemeler, katıhâl fiziğinin çalışmaları ile tespit edilmiş maddelerden üretilir.

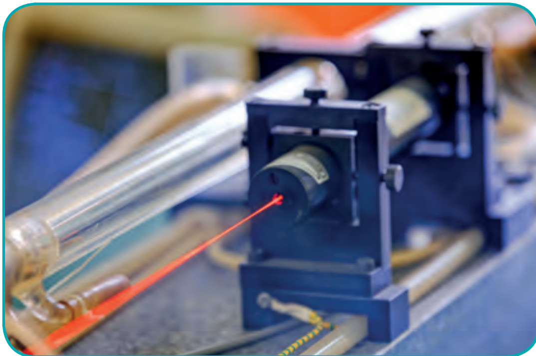
Görsel 1.22: Tablet bilgisayar

Bilim insanlarından Enrico Fermi (İnriko Fermi, 1901-1954) ve Paul Dirac (Paul Direk, 1902-1984) katıhâl fiziğinin temelini atan araştırmalar yapmışlardır. Ayrıca David J. Thouless (Deyvid J. Taulıs) , F. Duncan M. Haldane (F. Dankın M. Haldın) ve J. Michael Kasterlitz (J. Maykıl Kastrilitz) adlı üç bilim insanı katıhâl fiziğinin bir alanında yaptıkları çalışmalar ile 2016 Nobel Fizik Ödülü'nü almışlardır.

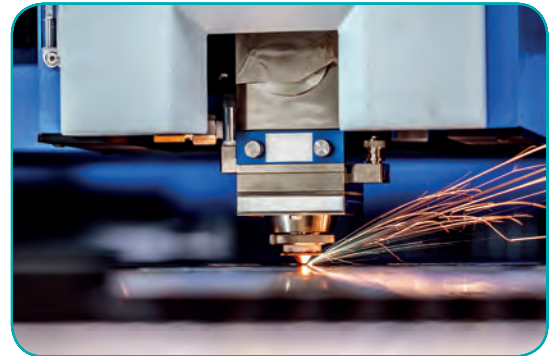
Atom Fiziği: Maddenin en küçük birimi olan atomu, bir çekirdek ile elektronlar içeren bir sistem olarak ele alan fizik dalıdır. Genel olarak atomda elektron dizilişleri ile ilgili çalışmaları içerir. Maddenin yayınladığı ya da soğurduğu ışınımların ölçülmesini, açıklanıp yorumlanmasını dolayısıyla maddenin tanınmasını sağlayan bilimsel çalışmaları kapsar.

Özellikle 1940'lı yıllardan sonra teorik ve deneysel alanlarda gelişim gösteren fiziğin bu alanına ait bilimsel çalışmalar, bilgi işlem teknolojisinin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Parçacık hızlandırıcılar, manyetik alan kurulumları, detektörler ve LASER teknolojisi atom fiziğindeki çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Elektronik mühendisliği fiziğin bu alt dalından istifade eden bir meslektir.

Görsel 1.23'teki bir fizik laboratuvarında oluşturulmuş kırmızı LASER ışınları, uyarılmış atomlardan yayınlanan yoğun ışımalardır. Görsel 1.24'te LASER ışınlarının endüstriyel alanda da kullanıldığı, metal kesme işleminin LASER ışınları ile yapıldığı görülmektedir.



Görsel 1.23: LASER ışınları



Görsel 1.24: LASER ışınları ile metal kesme

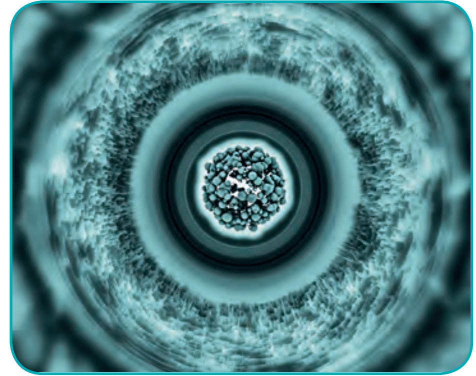
John Dalton (Can Daltın, 1766-1844), Johannes Rydberg (Johanes Reydberg, 1854-1919), J. J. Thomson (J. J. Tamsın, 1856-1940), Ernest Rutherford (Ernıst Radırford, 1871-1937), Niels Bohr (Niyıls Bor, 1885-1962), Albert Einstein (Albırt Aynştayn, 1879-1955) tarihsel süreçte bu alanda önemli çalışmalar yapmış bilim insanlarıdır.

Araştıralım

LASERleri araştırarak LASER teknolojisinin günlük hayattaki kullanım alanları hakkında bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri bir rapor hâline getirerek sınıf ortamında sunum yapınız.

Nükleer Fizik: Atomun yapısında, atomun boyutlarına göre yaklaşık 10.000 kat küçük olan çekirdeği, çekirdeğin yapısal (dinamik, elektrik, manyetik) özelliklerini, çekirdek parçacıklarının bağlanma enerjisini, kararsız çekirdeklerin yaptığı ışımaları inceleyen fizik alt dalıdır.

Görsel 1.25'teki gibi çekirdek yapısı ve bu yapıdaki parçacıklar nükleer fiziğin konusudur. Nükleer fizik, çekirdeği oluşturan proton, nötron ve bunların alt parçacıklarını inceleyerek çekirdek tepkimelerini açıklar. Radyoaktif maddeleri ve bu maddelerin ışımalarını, çekirdek bölünmesi ve kaynaşması gibi tepkimelerle ortaya çıkan yeni elementleri tespit eder.



Görsel 1.25: Atomda çekirdek yapısı

Çekirdek tepkimelerinden olan çekirdek birleşmeleri (füzyon) ve çekirdek bölünmesi de nükleer fiziğin inceleme alanına girer.

Nükleer fizik çalışmaları ile yer bilimlerinde, endüstride ve tıp alanında kullanılan cihazların bulunması sağlanmıştır. Yer bilimlerinde Dünya'nın yapısındaki sıcaklık değişimleri, tıp alanında kanser tedavisi (radyoterapi) ve vücut içi görüntüleme cihazları [CT (Computed Tomography/Bilgisayarlı Tomografi), MRI (Magnetic Resonance Imaging/Manyetik Rezonans Görüntüleme), NMR (Nükleer Manyetik Rezonans), PET (Pozitron Emisyon Tomografisi)] nükleer fizik alanındaki çalışmaların ürünü olup nükleer enerji mühendisleri ve nükleer fizikle ilgili yukarıda geçen cihazları kullanan doktorlar, teknisyenler bu alt dalın mesleklerini icra etmektedirler.

Görsel 1.26'daki radyoterapi cihazı kanser tedavisi amacıyla tıpta kullanılır. Bu cihazın çalışma prensibinde de nükleer fizik biliminin ortaya çıkardığı bilgiler bulunur.

Nükleer fizik çalışmaları, nükleer enerji santrallerinin kurulmasını sağlamış, böylelikle elektrik enerjisi üretiminde daha az kaynak tüketimi gerçekleşmiştir. Bu durum, fosil yakıt kullanımından ileri gelen hava kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlamıştır.

Yaşadığımız çevreye ve vatanımıza karşı sorumluluğumuzu gerçekleştirmek, bize sunulan kaynakları kullanırken özenli olmakla başlar. Örneğin gereksiz elektrik enerjisi tüketimi konusunda göstereceğimiz duyarlılık; doğrudan ailemizi, dolaylı olarak da ülke kaynaklarımızı etkilemektedir.

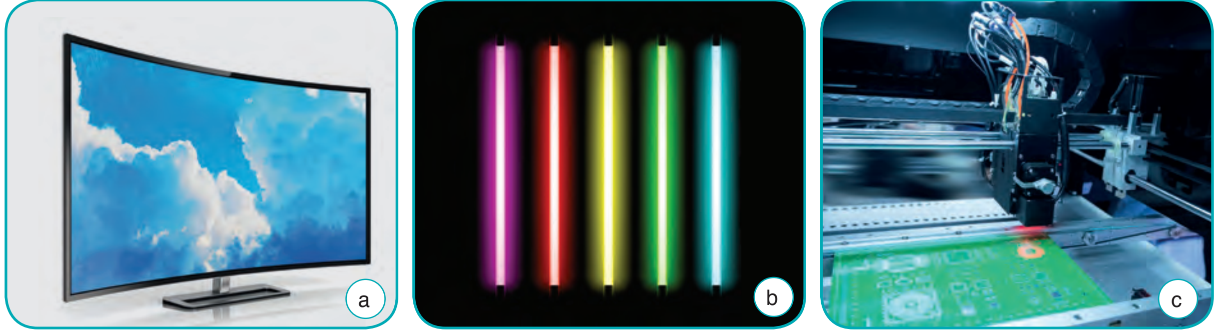
Görsel 1.26: Radyoterapi cihazı

Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği: Yüksek enerji fiziği veya parçacık fiziği olarak adlandırılan bu alt dal, atom altı parçacıkları inceler. Temel parçacıkların özelliklerini, birbirleri ile etkileşmelerini tespit etmek, buradan yola çıkarak da evrenin oluşumunu açıklığa kavuşturmak amacı ile çalışmalar yapar. Aynı zamanda bu parçacıkların tespitini sağlayacak cihazların geliştirilmesini hedefleyen fizik dalıdır. Ancak bu araştırmalar, sayılı ve özel donanımlı laboratuvarlarda gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde Fermi (Förmi) ulusal laboratuvarı ile CERN (Sörn) laboratuvarında bu çalışmaların yürütüldüğü bilinmektedir.

Plazma fiziği, çok yüksek sıcaklıklarda iyonize olmuş gazların yapılarını, madde bu hâl içinde iken sürekli hareketli olan parçacıkları (serbest elektronları; uyarılmış, iyonlaşmış veya temel hâldeki atomlar ile fotonlardan oluşan ortamı) inceleyen fizik alt dalıdır.

Evrenin yapısının açıklanmasında, enerji üretiminde ve günlük hayatımızdaki pek çok cihazın yapımında plazma fiziğinden yararlanıldığı görülmektedir.

Plazma fiziğinin uygulama alanları; Görsel 1.27 a, b ve c'deki gibi plazma televizyonlardan floresan ve neon lambalarına, elektronik çip üretiminden uzay roket ve silah savar teknolojisine kadar pek çok alana yayılmıştır. Tekstil ve otomobil sektöründe, tıp alanında kanser tedavisinde, yanık ve cilt yenileme işlemlerinde, diş hekimliğinde kullanılan cihazların çalışma prensipleri bu alt dala aittir. Elektronik ve bilgisayar mühendislikleri de bu alt alandan yararlanan mesleklerdendir.



Görsel 1.27: Plazma fiziğinin çalışmaları ile günlük hayatımıza giren ürünler a. Televizyon b. Neon lambaları c. Elektronik çip üretimi

Fizik Biliminin Diğer Disiplinlerle İlişkisi

Fizik biliminde alt dalların çalışmaları; astronomi, tıp, mimarlık, coğrafya, jeoloji, meteoroloji bilimlerinin çalışmasına da katkıda bulunur. Bunların dışında savunma sanayisine ait araç ve gereçlerin de fizik yasaları kullanılarak üretildiği görülmektedir.

Fizik bilimi ile felsefe dâhil olmak üzere biyoloji, kimya, teknoloji, mühendislik, sanat, spor ve matematik alanları ilişkilidir. İnsanların doğa olaylarını sebep sonuç ilişkisi içerisinde incelemeye başlaması ile ortaya çıkan felsefe; sürekli arama, sorgulama, akıl yürütme yöntemlerini kullanmış filozoflarla, bilimlerin oluşup gelişmesine katkı sağlamıştır. Felsefe tarihi, insanlığın geçirdiği düşünce aşamalarıdır. Bu aşamaların belli bir yerinde pozitif bilimler doğmuştur. Bu nedenle bilim insanlarının pek çoğu aynı zamanda filozoftur.

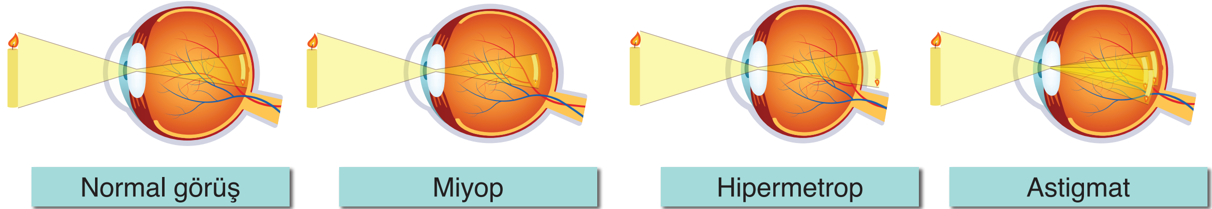
Görsel 1.28: Felsefe ve fizik bilimi ile ilgilenmiş bazı bilim insanlarının temsilî resimleri

Bunların arasında Görsel 1.28'de verilen Archimedes (Arşimet), Aristotales (Aristo), İbn-i Sina, Galileo Galilei, Isaac Newton hem filozof hem fizikçi olan bilim insanlarıdır.

Fizik bilimi ve felsefe iç içedir. Örneğin Newton'ın öğrenciliği sırasında Descartes'ın (Dekart) görüşleriyle tanışıp daha sonra mekaniğin üç temel yasasını ileri sürmesi fizik-felsefe ilişkisini ortaya koymaktadır.

Tarihsel süreç içerisinde fizik bilimindeki gelişmeler felsefeyi, felsefi düşünceler de fizik biliminin gelişmesini sağlanmıştır. Çünkü doğa olaylarına, insana ve hayata bakışın bilimsel buluşlardan etkilenmemesi mümkün değildir.

Biyoloji bilimi de canlı yapısını incelerken fizik bilimindeki yasalardan yardım alır. Görme, işitme, sinir sistemleri, kan basıncı açıklanırken fizik yasaları kullanılır.



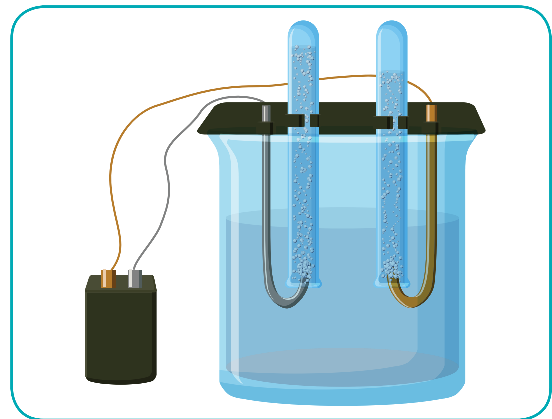
Görsel 1.29: Göz kusurları

Biyolojide Görsel 1.29'daki gibi normal göz yapısı ile miyop, hipermetrop ve astigmat göz kusurları tespit edilmiştir. Fizik bilimi göz merceğindeki bu bozukluklara göre görüntünün normal gözdeki gibi oluşturulması amaçlı mercekler kullanılmasını sağlar.

Kimyada ise ısı alışverişi, elektroliz, gazlar, atomun yapısı ve teorileri gibi konular fizik biliminin ilkeleri ile birlikte ele alınır.

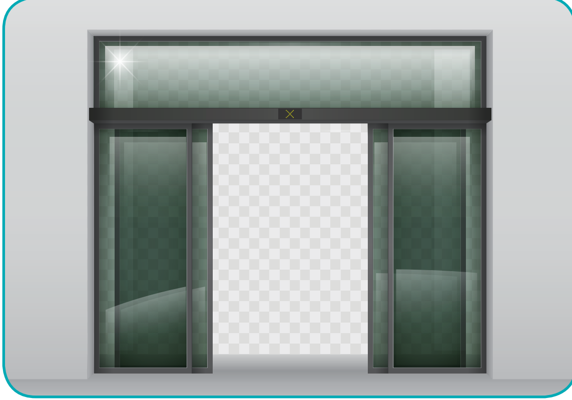
Görsel 1.30'daki gibi kimyada suyun elektrolizi yapılırken yüklü iyonların hareketini ve kutuplaşmasını fizik kuralları açıklar.

Fiziğin alt dallarını incelerken teknolojideki pek çok ürünün bu dallara ait çalışmalar sonucunda ortaya çıkmış olduğunu gördük. Bunlara ek olarak ışığa duyarlı



Görsel 1.30: Suyun elektrolizi

açılıp kapanan kapı (Görsel 1.31) ve musluklardan alarm sistemlerine, otomobillerin fren sistemlerinden, savunma sanayisinde kullanılan füze ve silah gibi araç gereçler ile tarım alanında kullanılan makinelere kadar örnekleri çoğaltmak mümkündür.



Görsel 1.31: Otomatik kapı

Görsel 1.32: Çok katlı binalar

Mühendislik ve mimarlıkta da fizik bilimine ait yasaların kullanıldığı görülmektedir. Köprülerin, çok yüksek katlı binaların inşaatında, elektrik ve elektronik ürünlerin yapımında mühendislikler fizik biliminden yararlanır. Görsel 1.32'deki gibi çok katlı binaların dengesi, ağırlık merkezlerinin oturma yüzeylerinde bulunmasından geçer. Fizikteki buna benzer prensiplerin kullanılması güvenli binaların inşa edilmesini sağlar.

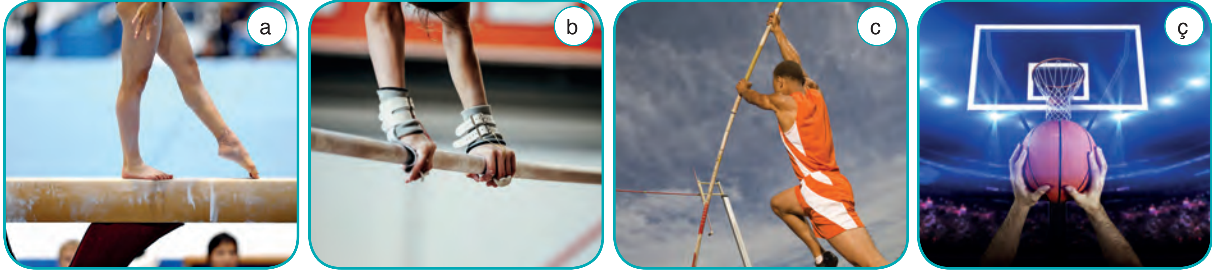
Tüm bunlar gerçekleştirilirken fizik biliminin ilkelerini ifade eden fiziksel olayları ve deneysel sonuçları somut olarak ortaya koymayı sağlayan matematik bilimidir.

Fizik bilimi ayrıca sanat alanında da kullanılır. Müzikteki notalar aynı zamanda fizik biliminde ses dalgalarının frekansını gösteren sembollerdir. Müzik aletlerinin örneğin Görsel 1.33'teki gibi bir telli çalgının akort işlemi, telin boyunun ve gerginliğinin değiştirilmesi ile yapılır ve müzik aletinden çıkacak sesin özelliğini değiştirir.

Bunun dışında örneğin Görsel 1.34'teki ebru sanatı da fizik biliminde özkütle ilkelerine bağlı sonuç veren bir sanat koludur.

Görsel 1.33: Telli bir çalgının akort işlemi

Görsel 1.34: Ebru sanatı



Görsel 1.35: a, b. Jimnastik c. Sırıkla atlama ç. Basketbol

Fizik biliminin sporda da kullanıldığından söz etmek mümkündür. Görsel 1.35 a ve b'deki gibi jimnastik aletlerinde denge kurulması, c'deki gibi sırıkla atlama işleminde gerekli potansiyel enerjiyi sağlamak için sporcunun koşup, kinetik enerji kazanarak atlama yerine gitmesi veya ç'deki gibi basketbol topunun potaya girmesi için atış açısının ayarlanması fiziksel prensiplerin sporda da kullanıldığını gösterir.

Süreci Değerlendirelim 1-2

Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

akort	ışık	fosil	felsefe
elektron	termodinamik	floresan	optik
mekanik	statik	dinamik	katıhâl fiziği
elektrik	çekirdek	manyetik	kinematik

1) Kuvvetle hareket arasındaki ilişkiyi inceleyen mekaniğin bölümüne .... denir.

2) Isıtma-soğutma sistemlerinde fiziğin alt dalı .... ilkeleri etkin olarak kullanılır.

3) Elektrik motoru elektrik enerjisini .... enerjiye dönüştüren elektromanyetik bir araçtır.

4) Fiber optik cam içerisinde .... sinyalleri ile bilgileri uzun mesafelere taşıyan araçlardır.

5) Kristal yapılı maddeleri inceleyen fiziğin alt dalına .... denir.

6) Atom fiziği atomu elektronlar ve bir .... içeren sistem olarak ele alır.

7) Nükleer enerji santrallerinde enerji üretilirken .... yakıt kullanılmaz.

8) Plazma fiziğinin günlük hayatta karşımıza çıkardığı ürünler arasında .... ve neon lambalar bulunur.

9) Bütün bilimlerin oluşup gelişimine neden olan .... ile fizik bilim insanları da ilgilenmiştir.

10) Telli çalgılarda ...., fiziksel prensiplere dayalı yapılan bir işlemdir.

1.3. FİZİKSEL NİCELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

1.3.1. Fiziksel Nicelikler

Fizikte yapılan deneylerin sonucu genellikle sayısal olarak ifade edilir. Bir fiziksel olayı sayısal olarak tanımlayan rakamsal değerlere fiziksel nicelik denir. Örneğin fiziksel bir nicelik olan kütleyi ifade ederken sayı ve birim kullanırız. Bir fiziksel büyüklüğü ölçtüğümüz zaman ölçülen büyüklüğü bir standart büyüklük ile karşılaştırırız. Kütle için alınan standart büyüklük bir kilogramdır.

Fiziksel nicelikleri temel-türetilmiş ve skaler-vektörel olarak sınıflandırabiliriz.

Temel ve Türetilmiş Nicelikler

Temel büyüklükler herhangi bir çıkarımdan gelmeyen ve içinde başka bir büyüklüğü barındırmayan büyüklüklerdir. Türetilmiş büyüklükler ise temel büyüklüklerden çıkarılmış, temel büyüklüklere bağlı değerleri ifade eden büyüklüklerdir. Bu niceliklere karşılık gelen birimler de temel ve türetilmiş birimler olarak ayrılır.

Uluslararası Bilim Kurulu 1960 yılında temel büyüklükleri standart hâle getirerek metrik sistem uyarlaması kararı aldı. Adına Fransızca "Système International d'unitès (Sistem İnternasyonel)"in kısaltması olan Uluslararası Sistem (SI) denilen bu sistemde, yedi temel büyüklük tanımlanmıştır. Bu büyüklükler Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Uluslararası Sistemde kabul edilen temel büyüklükler

TEMEL BÜYÜKLÜKLER			
Ad	**Sembol**	**Birim**	**Birim Sembolü**
Kütle	m	kilogram	kg
Uzunluk	ℓ	metre	m
Zaman	t	saniye	s
Akım şiddeti	i	amper	A
Sıcaklık	T	kelvin	K
Işık şiddeti	I	candela	cd
Madde miktarı	n	mol	mol

Temel büyüklüklerin bir kısmı bu öğretim yılındaki konularımızda karşımıza çıkacağı için onlara ait önemli bilgilere sahip olmamız gerekir. Şimdi bunları inceleyelim:

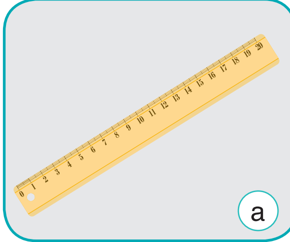
Kütle, bir cismin hacmini dolduran madde miktarıdır. SI birim sisteminde birimi kilogramdır (kg). Uluslararası standartlar merkezinde 1 kg özel platin-iridyum alaşımından yapılmış silindir biçimindeki bir cismin kütlesi olarak tanımlanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında kütle birimi olarak gram da yaygın şekilde kullanılmaktadır.

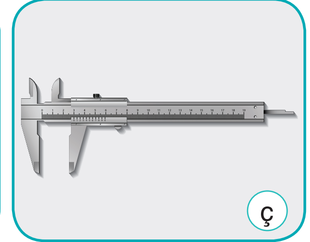
Kütle ölçümü terazilerle yapılır. Bu teraziler ölçülecek kütle değerine göre farklı ölçeklendirilebilir. Çok küçük kütle değerlerini ölçmek için hassas teraziler kullanılır. Görsel 1.36 a'da küçük kütleleri ölçebilen bir eşit kollu terazi ile Görsel 1.36 b'de günümüzde kullanımı daha yaygın olan elektronik bir terazi verilmiştir.

Görsel 1.36: a. Eşit kollu terazi b. Elektronik terazi

Uzunluk; cisimlerin boyutlarını gösteren temel büyüklüktür. Birimi SI birim sistemine göre metredir (m). 1 metre, ışığın boşlukta $\frac{1}{299792458}$ saniyede aldığı yolun uzunluğu olarak tanımlanır.

Uzunluk ölçümünde cismin boyutlarına göre Görsel 1.37. a, b, c'deki cetvel, mezura, şerit metre gibi uzunluk ölçerler kullanılır. Bunun yanı sıra çok hassas ölçüm yapmak gerektiğinde ise Görsel 1.37 ç'de verilen kumpas adlı uzunluk ölçerler tercih edilir.





Görsel 1.37: Uzunluk ölçer olarak kullanılan araçlar a. Cetvel b. Mezura c. Şerit metre ç. Kumpas

Zaman, temel bir büyüklüktür. Birimi SI birim sisteminde saniyedir (s). 1 saniye, en düşük enerji seviyesindeki Sezyum-133 atomunun 9192631770 defa titreşmesi için geçen süre olarak tanımlanmıştır. Görsel 1.38'deki kronometre zaman ölçer olarak kullanılır.

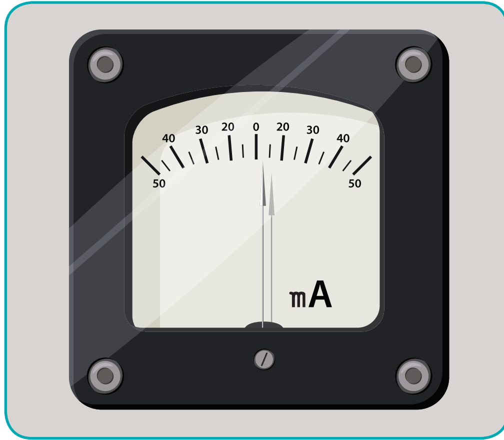
Görsel 1.38: Kronometre

Araştıralım – Tartışalım

Tarihte günümüze kadar zaman ölçümünde kullanılan (güneş, su, kum, mekanik ve atom saatleri gibi) saatleri araştırınız. İnsanlar tarih boyunca neden hep zamanı ölçme ihtiyacı hissetmiş olabilirler? Saatlerdeki bu kronolojik gelişme neye paralel olarak gerçekleşmiştir? Bu soruların cevaplarını sınıf ortamında tartışınız.

Akım şiddeti, bir iletkenin herhangi bir kesitinden birim zamanda geçen yük miktarıdır. Birimi amperdir (A). Akım şiddeti ampermetre (Görsel 1.39) ile ölçülür.

Sıcaklık, bir maddeyi oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjileri ile ilgili bir büyüklüktür. Temel büyüklük olan sıcaklığın SI sisteminde birimi kelvindir (K). 1 K, suyun üçlü noktasındaki termodinamik sıcaklığının 273,16'da biri olarak kabul edilmiştir. Sıcaklık ölçer araçlara termometre (Görsel 1.40) adı verilir.



Görsel 1.39: Ampermetre

Görsel 1.40: Termometre

Işık şiddeti, bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı ışık enerjisidir. Kaynaktan çıkan foton sayısı ile orantılıdır. Bu nedenle lambaların güçleri ışık şiddetleri ile doğru orantılıdır. Işık şiddeti birimi candeladır (cd). 1 atmosfer basınç altında (101325 N/m^2) ve platinin erime sıcaklığındaki (1769 °C) bir siyah cismin 1/60000 m^2 büyüklüğündeki yüzeyinin kendisine dik olan bir doğruda verdiği ışık şiddetine **1 candela** denir.

Madde miktarı, 1 mol atomun sahip olduğu madde miktarına denir. Avagadro sayısı $(6,0221415 \cdot 10^{23})$ kadar atom ya da molekül içeren maddeye **1 mol** denir. Mol bu nedenle belli bir kütleyi ifade etmez.

Temel büyüklüklerin dışında karşınıza çıkacak tüm büyüklükler türetilmiş büyüklüklerdir. Tablo 1.2'de bu büyüklüklere örnekler verilmiştir.

Tablo1.2: Türetilmiş büyüklüklerden bazıları

Büyüklük	Sembolü	Birimi	Birim Sembolü
Güç	P	Watt	Watt
Enerji	E	Joule	J
İş	W	Joule	J
Basınç	P	Newton/metrekare	N/m^2
Kuvvet	F	Newton	N
Isı enerjisi	Q	Joule	J
Özkütle	d	kilogram/metreküp	kg/m^3
Sürat	s	metre/saniye	m/s

Türetilmiş büyüklüklere vereceğimiz örnekler fizik konularında ilerledikçe artacaktır. Tabloda verilenler önceki yıllarda fen bilimleri derslerinde karşılaştığınız büyüklüklerden bazılarıdır.

Skaler ve Vektörel Büyüklükler

Fiziksel büyüklüklerle ilgili doğru işlem (toplama, çıkarma) yapabilmek için onları ayırt etmek gerekir. Bu nedenle özelliklerine göre fiziksel nicelikler iki ayrı gruba ayrılır.

Skaler Büyüklükler

Bir sayı ve bir birimle eksiksiz tanımlanabilen büyüklüklere skaler büyüklükler denir. Tablo1.3'te bazı skaler büyüklüklere işlemlerde kullandığımız birimleri ile örnekler verilmiştir.

Tablo1.3: Bazı skaler büyüklükler ve birimleri

Skaler Büyüklük	Birimi
Kütle	kg
Zaman	s
Enerji	J
Sürat	m/s
Sıcaklık	K
Öz ısı	J/kg K

Vektörel Büyüklükler

Sayı ve birimin yanında doğrultu ve yön belirtilerek eksiksiz tanımlanabilen büyüklüklere vektörel büyüklükler denir. Tablo 1.4'te bazı vektörel büyüklüklerle birimleri örnek olarak verilmiştir.

Tablo1.4: Bazı vektörel büyüklükler ve birimleri

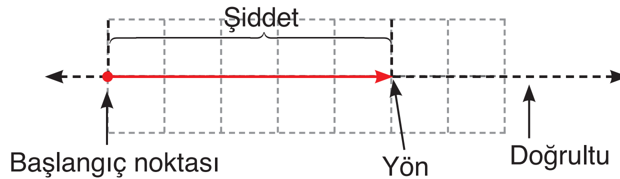
Vektörel Büyüklük	Birimi
Kuvvet	N
Yer değiştirme	m
Hız	m/s
İvme	m/s^2

Tablo 1.4'te verilen vektörel büyüklüklerin dışında pek çok vektörel büyüklük bulunur. Ancak onları konular içerisinde gördükçe tanımını yapıp ayırt edeceksiniz.

Skaler büyüklük olarak sınıflandırdığımız kütle büyüklüğünden örnek verelim. Kütleleri 3 kg ve 5 kg olan iki cismin kütleleri toplamı kesinlikle 8 kg'dır.

Ancak vektörel nicelik olarak sınıflandırdığımız kuvvetler toplamı için aynı kesinlikten söz edilemez. Bir cisme etkiyen 3 N ve 5 N şiddetindeki iki kuvvetin bileşkesi her seferinde 8 N olamaz. Bileşke kuvvetin hesaplanabilmesi için kuvvetlerin yönlerinin de işleme dâhil edilmesi gerekir.

O hâlde vektörel büyüklüklerle işlem yapabilmek (toplama, çıkarma) için vektörlerin yönlerini de işleme katacak bir gösterim yolu bulunmalıdır. Bu nedenle vektörel büyüklükler Şekil 1.1'deki gibi yönlendirilmiş doğru parçaları ile gösterilir.



Şekil 1.1: Vektörel gösterim

Vektörel bir büyüklüğün gösteriminde;

I) Başlangıç noktası

II) Doğrultusu

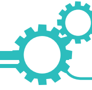
III) Yönü

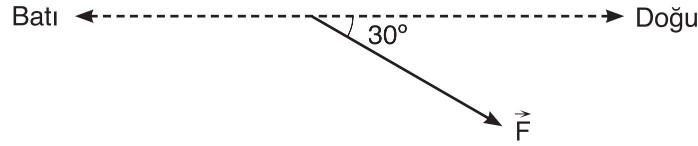
IV) Şiddeti (büyüklüğü)

olan doğru parçaları kullanılır.

Bu gösterim kuvvet niceliğini anlatıyorsa doğru parçasının doğrultusu ve yönü, kuvvetin doğrultusu ve yönüdür. Doğru parçasının uzunluğu ise kuvvetin şiddetini ifade eder. Kuvvet şiddetinin artıp azalması, orantılı olarak doğru parçasının uzunluğunu değiştirecektir.

Vektör gösterimi olmadan da bir niceliğin üzerindeki sembolden vektörel büyüklük olduğunu anlarız. Örneğin kuvvetin F ile sembolize edildiğini söylemiştik. Bundan sonra bu sembolün üzerine ok işareti de ekleyeceğiz. $\vec{F}$ şeklindeki gösterimden vektörel bir büyüklükten söz ettiğimizi de ifade etmiş olacağız.





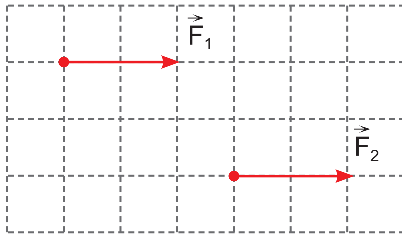
Şekil 1.2: Bir kuvvet vektörünün gösterimi

Vektörel niceliklerin üzerindeki bu sembolün vektörün yönünü göstermek gibi bir işlevi yoktur. Bunu vektörün kendisi yapar. Örneğin Şekil 1.2'deki $\vec{F}$ nin doğu-batı doğrultusunda doğu yönü ile 30° açı yaptığını vektörün kendisi gösterir. Üzerindeki sembolün böyle bir özelliği yoktur. Örneğin F vektörünün gösterimi $\vec{F}$ şeklindedir. Vektörün büyüklüğü gösterilirken vektör, mutlak değer içinde $|\vec{F}|$ yazılır veya sadece harf ile (F) gösterilir. Vektörün büyüklüğü skaler bir niceliktir.

Tek boyutta vektörel işlem yapabilmek için vektörlere ait bazı özellikleri de bilmemiz gerekir.

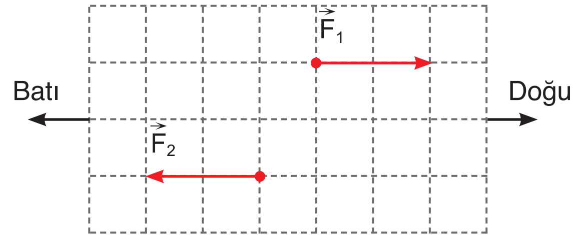
Vektörel Özellikler

1) Bir vektörün bir başka vektöre eşit olması; doğrultu, yön ve şiddetlerinin eşit olması ile mümkündür. Bunun için başlangıç noktalarının aynı yerde olması gerekmez. Şekil 1.3. a'da aynı düzlemdeki kuvvet vektörleri ile buna örnek verilmiştir.



$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$

(a)



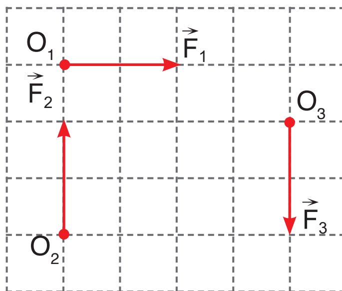
$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

(b)

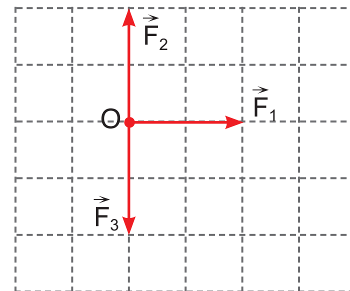
Şekil 1.3: a. Eşit vektörler b. Zıt vektörler

2) Bir vektörün tersi (zıt vektör), tanımlanan vektörle $(\vec{F}_1)$ aynı doğrultuda eşit şiddette ters yönlü vektördür. Şekil 1.3. b'de aynı düzlemdeki kuvvet vektörleri ile bu özelliğe örnek verilmiştir.

3) Vektörlerin başlangıç noktaları; doğrultu, yön ve şiddetleri bozulmadan başka bir noktaya taşınabilir. Şekil 1.4. a'da aynı düzlemde başlangıç noktaları O_1, O_2 ve O_3 noktalarında bulunan kuvvet vektörleri $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ verilmiştir. b'de ise bu vektörlerin başlangıç noktaları aynı düzlemdeki O noktasına taşınmıştır.



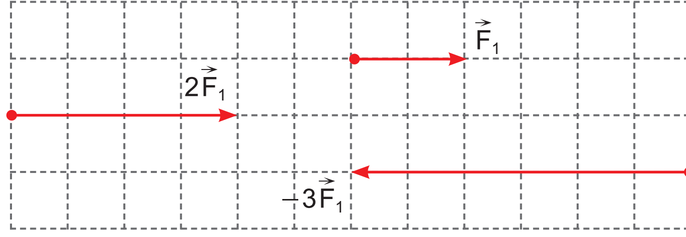
(a)



(b)

Şekil 1.4 a, b: Vektörler taşınabilir özellik gösterirler.

4) Vektörel büyüklüklerin bir sayı ile çarpımı onların şiddetlerini değiştirir ancak doğrultularını etkilemez. Şekil 1.5'te $\vec{F}_1$ vektörü tanımlanmış, buna göre $2\vec{F}_1$ ve $-3\vec{F}_1$ vektörleri çizilmiştir.

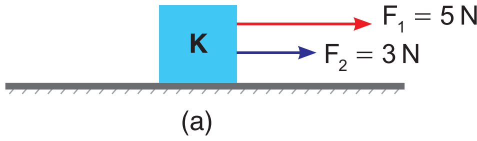


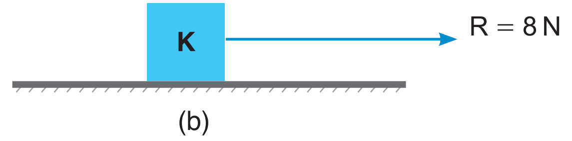
Şekil 1.5: Bir vektörün bir skalerle çarpımı

Bu özellikleri de göz önünde bulundurarak vektörlerin toplanması veya çıkarılması işlemleri yapılır. Toplam vektöre bileşke veya denk vektör de denir. Kuvvet de bir vektörel büyüklük olduğuna göre toplama işlemini kuvvetler üzerinden örneklendirebiliriz.

Bileşke kuvvet bir cisme etkiyen kuvvetlerin vereceği etkiyi tek başına verebilecek olan kuvvettir. Örneğin sürtünmesiz bir yüzeyde bulunan bir sandığa uygulanan şiddetleri, F_1 = 5 N ve F_2 = 3 N olan kuvvetlerin bileşkesi yönlerine göre değişir.

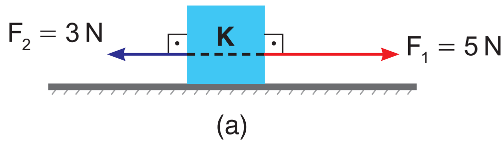
Bileşke kuvvete $\vec{R}$ dersek $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ dir.

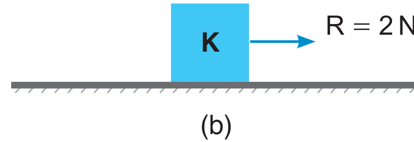




Şekil 1.6 a, b: Bir cisme etkiyen aynı yönlü iki kuvvetin bileşkesi

Şekil 1.6 a'daki gibi kuvvetler aynı yönlü ise bileşke kuvvet ($\vec{R}$) Şekil 1.6 b'deki gibi alabileceği en büyük şiddette olur.





Şekil 1.7 a, b: Zıt yönlü kuvvetlerin bileşkesi

Şekil 1.7.a'daki gibi kuvvetler ters yönlü (kuvvetler arasındaki açı 180°) ise bileşke kuvvet Şekil 1.7 b'deki gibi en küçük değerini alır.

$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$R = (5) + (-3)$

$R = 2\,N$ olur.

Buna göre bileşke kuvvetin tek bir değer almadığı, alabileceği değerin kuvvetlerin arasındaki açıya göre değişebileceği görülmüş oldu. Bunun dışında bileşke kuvvetin toplanan kuvvetlerden daha küçük değerde (R = 2 N) olabileceğini de verdiğimiz örnekle saptamış olduk.

Süreci Değerlendirelim 1-3

Aşağıdaki parantez içindeki boşluklara verilen cümleler doğru ise ‘’D’’, yanlış ise ‘’Y’’ yazınız.

1) (   ) Akım ve ışık şiddeti temel büyüklüktür.

2) (   ) 1000 santimetre 1 metredir.

3) (   ) Bir maddeyi oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjisine sıcaklık denir.

4) (   ) Basınç ve enerji türetilmiş büyüklüklerdir.

5) (   ) Skaler büyüklükler ifade edilirken yön kullanılmaz.

6) (   ) Temel büyüklükler aynı zamanda skaler büyüklüklerdir.

7) (   ) Vektörel büyüklüklerin ifadesinde başlangıç noktası, şiddeti ve yönü olan doğru parçaları kullanılır.

8) (   ) Akım şiddeti, yönlü bir büyüklüktür.

9) (   ) Zıt vektörler aynı doğrultuda olmak zorunda değildir.

10) (   ) Bir vektörün skalerle çarpımı vektörün doğrultusunu değiştirebilir.

1.4. BİLİM ARAŞTIRMA MERKEZLERİ

1.4.1. Bilim Araştırma Merkezlerinin Fizik Bilimi İçin Önemi

İlk Çağlarda insanların doğa olaylarını merakı ile başlayan gözlemler ve rastlantısal buluşlar, daha sonraları düzenli çalışmalara yerini bırakmış, kişisel çalışmalar ve bilimsel yöntemler önem kazanmıştır (Görsel 1.41). Bu yöntemlerle ortaya çıkan buluşlar insanlığın aydınlanmasını sağlarken teknolojinin de gelişmesine katkıda bulunmuştur. Bilimsel buluşların rastlantılara bağlı kalmaması ve gelişimin hızlanması için bireysel bilimsel çalışmalar yerine, çalışmaların kurumlar tarafından yönlendirilip planlandığı bilimsel merkezler oluşturulmuştur. Çünkü bilimsel çalışmaların bir merkezde, birçok bilim insanının ekip çalışması şeklinde gerçekleştirilmesi, doğru sonuca kısa sürede ulaşmayı sağlayacaktır. Yardımseverlik değerinin içinde iş birliği yapmak da bulunur. Bilimsel çalışmaları hızlandırma, çalışma ortamındaki bireylerin iş birliği ile gerçekleşir. Bu nedenle bilim insanlarının çalışmalarını, çalışma ortamlarını düzenleyip donanımı güçlü laboratuvarlarla desteklemek ulusların, dolayısıyla insanlığın gelişimini hızlandırmak açısından önemlidir. Ayrıca ele alınan konuların artık yer çekimi kuvvetinin varlığını ispat etmekten çok daha ayrıntılı ve zor olduğu düşünüldüğünde, bilimsel merkezlerin donanımının ve pek çok bilim insanının çalışmaya katılımının zorunlu olduğu görülmektedir.

Görsel 1.41: Bilimsel araştırmalar yapılan bir laboratuvar

Bu araştırma merkezlerinde yürütülen sistemli çalışmalar, günlük hayatta kullandığımız elektronik cihaz buluşlarından savunma sanayisine ve uzay araştırmalarına kadar geniş bir alanı kapsar. Günümüzde ülkelerin Dünya'daki varlığı ve gelişmişlik düzeyleri artık bu merkezlerin varlığına ve çalışmalarına bağlıdır.

Bu amaçla ülkemizde ve Dünya'da bilimsel çalışmalar yürüten bazı kurumlar bulunmaktadır. Bu merkezlerin çalışmalarından haberdar olmak, bilimsel çalışmaları ve teknolojik gelişmeleri takip etmek gündelik hayatta farkındalığımızı artıracaktır. Farkındalıklarını artıran bireyler bulunduğu toplumu önemseyen dolayısıyla vatansever bireylerdir.

Şimdi bu bilimsel araştırma merkezlerinden ülkemizdeki TÜBİTAK, TAEK, ASELSAN'ı; diğer ülkelerde bulunan CERN, NASA ve ESA'yı inceleyelim.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)

Ülkemizin bilim ve teknoloji alanında gelişimi için çalışan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), 1963 yılında önce Türkiye Bilim Teknik ve Araştırma Kurumu adı altında kurulmuştur. Ulusal öncelikleri bulunan TÜBİTAK, akademik çalışmaları endüstriyel alana aktaran bir kurumdur. Yenilikçi ve paylaşımcı vizyona sahip olan TÜBİTAK, bilimsel çalışmalar yapan kişi ve kurumlara burs ve ödüller vererek ülke kalkınması için katılımı artırıcı, destekleyici bir politika izlemektedir. Görsel 1.42'de TÜBİTAK'ın amblemi görülmektedir.

Görsel 1.42: TÜBİTAK amblemi

TÜBİTAK, ortaya attığı projelerle Görsel 1.43'teki gibi yarışmalar düzenleyip bunun sonucunda da geleceğin bilim insanlarını ortaya çıkartır. Bilimsel çalışmaların teşvik edilerek kişi ve kurumların yönlendirilmesi, çalışmaları yaygınlaştıracak ve ülkemizin gelişme hızını artıracaktır. Buluşların ödüllendirilmesi de bu nedenle bir o kadar önemlidir.

Görsel 1.43: Ülke çapında gerçekleştirilen üniversiteler ve ortaöğretim okulları arası proje yarışmaları

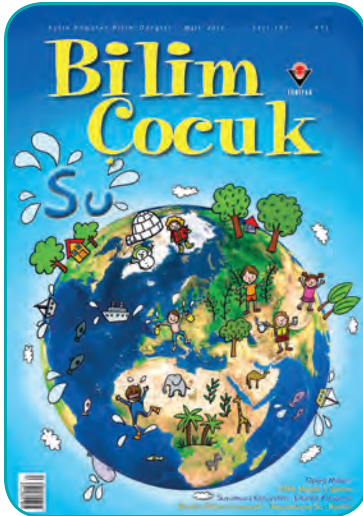
TÜBİTAK; bilimsel çalışmalar yürüten Ar-Ge enstitülerine destek verir, çalışmalarını takip eder, üniversitelerdeki bilimsel çalışmalarla sanayi arasındaki bağlantıyı sağlar. Örneğin Görsel 1.44'teki gibi otomotiv tasarım yarışmaları düzenleyerek otomotiv sanayisinin gelişmesine katkıda bulunur.

TÜBİTAK Görsel 1.45'te duyurusu gösterilen fuarlarla yapılan çalışmaları sergileyerek bilimsel çalışmalar konusunda bilgilenmemizi de sağlar.

Görsel 1.44: Otomotiv sanayisi için düzenlenen tasarım yarışması afişi

Görsel 1.45: TÜBİTAK bilim fuarı duyurusu

Görsel 1.46'daki gibi bilimsel dergi ve kitaplar yayınlayıp bireysel gelişimin yaygınlaşmasına katkıda bulunur.



Görsel 1.46: TÜBİTAK Bilim Çocuk, Bilim Genç, Bilim ve Teknik dergileri

TÜBİTAK, ülkenin bilim ve teknoloji politikalarını belirlemek, bilimsel olarak ülke kalkınmasını planlamak görevini üstlenmiştir. Bununla beraber uluslararası ikili veya çok taraflı bilimsel ve teknolojik iş birliklerini de düzenler.

Ayrıca kuruma bağlı Ar-Ge enstitülerini işleterek aynı zamanda bilimsel çalışmalarda öncülük görevini de üstlenmiştir. Bu nedenle TÜBİTAK'ın çalışma alanları farklı enstitüleri bulunmaktadır.

1) Görsel 1.47'de fotoğrafı verilen Savunma Sanayi Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü TÜBİTAK – SAGE savunma sanayimiz için çalışmalar yürütür.

Görsel 1.47: TÜBİTAK-SAGE amblemi ve SAGE füzeleri

2) Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü UEKAE, elektro optik ve LASER sistemleri, biyoteknik cihaz sistemleri üzerine çalışmalar yürütür. Örneğin Görsel 1.48'de ülkemize özgü elektronik kimlik kartları bu birimin ürünüdür.

Görsel 1.48: Ülkemizde kullanmaya başladığımız elektronik kimlik kartları

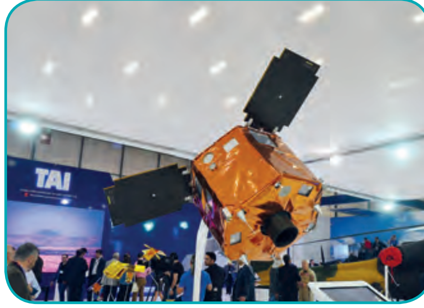
3) Marmara Araştırma Merkezi TÜBİTAK-MAM (Görsel 1.49), çevre ve temiz enerji üretimi, gıda, gen mühendisliği, biyoteknoloji, kimyasal teknoloji, malzeme teknolojileri, yer ve deniz bilimleri alanlarında çalışmalar yürütür.

Görsel 1.49: TÜBİTAK-MAM

4) Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü BİLTEN; elektronik, güç elektroniği, bilgisayar ve bilgi teknolojileri alanlarında çalışmalar yürütür.

5) Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü TÜBİTAK-UZAY, ülkemizdeki uzay ve havacılık teknolojileri konusunda gelişimi sağlamak amaçlı çalışmalar yürütür. Dünya'daki gelişmeleri takip ederek uydu

teknoloji sistemleri, haberleşme sistemleri konusunda projeler üretir. Yerli gözlem uydusu RASAT, istihbarat uydusu GÖKTÜRK 2 (Görsel 1.50) projelerini başarı ile gerçekleştirmiştir.



Görsel 1.50: TÜBİTAK–UZAY'da üretilen Göktürk-2 uydusu

6) Ulusal Metroloji Enstitüsü TÜBİTAK-UME, ölçüm bilimi alanında araştırma-geliştirme yaparak ülkemizde gerçekleştirilen tüm ölçümleri güvence altına alır. Ölçümlerin uluslararası sisteme uygunluk taşımasını sağlar. Yeni ölçme teknolojileri belirler. Ticari ve endüstriyel ölçümlerin doğruluğunu sağlayarak aynı zamanda endüstriyel ürünlerin kalitesinin artmasına da katkıda bulunur.

7) Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü TÜSSİDE, kurum ve sektörlerin etkin ve verimli çalışmalarına yönelik yönetim bilimleri alanında araştırmalar yürütür. Ar-Ge projeleri geliştirir. Sektörlere stratejik planlama, süreç ve performans yönetimi, proje ve risk yönetimi ile ilgili destek verir.

8) Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi TÜBİTAK-ULAKBİM, üniversiteler ve araştırma kurumları arasında eğitim amaçlı ağ kurmak, işletmek, ağların yurt dışı bağlantılarını sağlamak, bilgi üretimine bilgi teknolojileri desteğini ulaştırmak amaçlı çalışır. Araştırmacılara Ar-Ge alanında dokümantasyon hizmeti verir. Ülkemizin bilgi birikimini yansıtacak bilgi ürünleri geliştirir.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)

1956 yılında kurulan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, ülkemizin bilimsel, teknik ve ekonomik alanlarda gelişimi için atom enerjisinden yararlanılması amacıyla çalışmalar yapan kurumudur. TAEK, yurt içinde nükleer ve stratejik maddelerin bulunup çıkarılması, arıtma, işleme ve işletme işlemlerinin yapılması ile bu maddelere ilişkin genel esasların saptanması yetkisine sahiptir.

Ülke sanayisinin nükleer teknolojiden yararlanmasını sağlamak amacıyla nükleer malzemelere ait işlemleri gerçekleştirip radyoizotop üretme, dağıtma ve tesisleri kurma işini üstlenmiştir. Radyoaktif maddelerin yanı sıra radyasyon cihazları bulunduran ithal veya ihraç eden kurumlara lisans vermek, radyasyonun zararlarına karşı korumayı sağlayıcı ilkeleri belirlemek, yasal sorumlulukları saptamak yetkisini taşır.

Radyoaktif maddelerden yayınlanan ışımalar canlı yapılara zarar verebilir. Bu nedenle TAEK, Görsel 1.51'deki gibi tehlike bildiren işaretler ve alınan önlemlerle çevre ve insan sağlığını korur. TAEK, Görsel 1.52'deki gibi radyoizotop üretme işlemini de gerçekleştirir.

Görsel 1.51: İyonlaştırıcı radyasyon (solda), tehlikeli kaynak (sağda) işaretleri

Görsel 1.52: Şeffaf bir tüp içerisinde radyoaktif izotop örneği

Görsel 1.53'teki gibi bir tesiste üretilen radyoizotoplar, kanser tedavisi başta olmak üzere nörolojik, beyin fizyolojisi ve patolojisi ile ilgili hastalıkların teşhisine yönelik çalışmalarda, malzeme biliminden metalürjiye kadar pek çok alanda kullanılmak üzere işlenir. Ayrıca kurum, üretilen malzemenin kalite kontrolü ve hastaneler için hastalık dozuna bağlı dağıtımı işlemini de üstlenmiştir. Radyoaktif atıkların çevreye ve insana zarar vermesini engellemek amaçlı önlemler almak da TAEK sorumluluğundadır. Toplumdaki bireyler gibi kurum ve kuruluşların da çevreye karşı sorumlulukları, kurallara uyma görevleri bulunur. Doğal mirasa saygılı ve duyarlı olmak da vatanseverlik değerleri arasında yer alır.

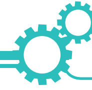
Görsel 1.53: Ankara TAEK proton hızlandırıcı tesisi ve hızlandırıcı sistemi

TAEK ayrıca nükleer alanda çalışmalar yapacak kişileri yetiştirerek, bu konuda üniversitelerle işbirliği yapar.

Askeri Elektronik Sanayi (ASELSAN)

Askeri Elektronik Sanayi öncelikli olarak Türk Silahlı Kuvvetlerinin kendine özgü elektronik cihaz ve haberleşme araç gereçlerinin üretilmesi amacıyla 1975 yılında Türk Kara Kuvvetleri Güçlendirme Vakfı önderliğinde kurulmuştur. Ancak günümüzdeki yapısıyla farklı sektörlere de elektronik ürün hazırlayıp elektronik projeler sunmaktadır.

ASELSAN'ın amacı, elektronik teknolojileri ve sistem entegrasyonu alanında Türk Silahlı Kuvvetleri başta olmak üzere yurt içi ve dışı müşterilere yüksek kalitede ürünler sunmak, dışa bağımlılığı azaltarak



millî kaynakları değerli kılmaktır. ASELSAN için ülke varlıklarının kullanımı ile bu varlıkların değerinin artırılması, ülke kalkınması için savunma sanayisinin güçlenmesi kadar önem taşımaktadır.

Bilimsel çalışmalarını; fizik, bilgisayar, elektrik-elektronik, makine ve endüstri mühendislikleri ile havacılık ve uzay alanlarında yürütmektedir. Üniversitelerle iş birliği, bilim insanlarının bilimsel araştırma sonuçlarının ASELSAN'da sanayileşmesine neden olmaktadır.

Elektronik alanındaki çalışmalarda yüksek teknolojiyi en iyi şekilde kullanan ASELSAN'ın ürün yelpazesi kısa sürede çok genişlemiştir. Türk Silahlı Kuvvetleri için yapılan üretimlerin dışında kamu kuruluşları ve özel kurumlar için haberleşme sistemleri, banka alarm sistemleri gibi üretimleri de gerçekleştirmektedir. Ürün geliştirme çalışmalarında elektronik, elektro-optik ve mekanik teknolojilerini kullanmaktadır.

Savunma sanayi için Görsel 1.54'teki sırt, tank ve el telsizleri gibi malzemeleri üretmiştir. Hava Savunma Erken İkaz Radarı SPEWA-II, F-16 Elektronik Harp Kendini Koruma Sistemi, Jandarma Entegre Muharebe ve Bilgi Sistemi gibi sistemleri Türk Silahlı Kuvvetlerinin kullanımına hazırlamıştır.

Görsel 1.54: ASELSAN telsizleri ve Atlas telefon bağlantı cihazı

Görsel 1.55'teki Türk F-16 uçaklarında kullanılan SPEWS-II radar sistemi ikaz ve tedbir sistemi olarak savunma sanayisinde oldukça önemli bir yer almıştır.

Görsel 1.56'daki görev yönetim sistemi helikopter güvenliğinde önemli bir ünite, Görsel 1.57'deki gizli hava silahı Korkut ise oldukça etkin bir savunma aracıdır. Görsel 1.58'deki güdüm kiti, hedeften yansıyan LASER enerjisine güdümlenerek çalışan savunma aracıdır.

Görsel 1.55: Türk F-16 uçakları

Görsel 1.56: ASELSAN görev yönetim sistemi

Görsel 1.57: ASELSAN gizli hava silahı

Görsel 1.58: ASELSAN LASER güdüm kiti

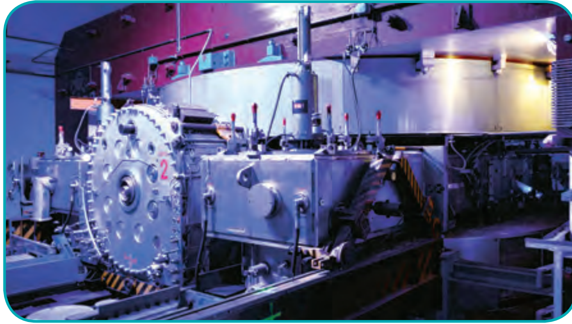
ASELSAN ve üniversite iş birliği, aynı zamanda bu kurumun sağlık teknolojileri alanında da çalışmalar başlatmasında rol oynamıştır. Özellikle tıbbi görüntüleme cihazlarının üretimi amacıyla projeler oluşturulmaktadır. Tıbbi cihaz üretiminin gerçekleştirilmesi ülkemizin bu konudaki dışa bağımlılığını azaltma anlamında oldukça önemlidir. Vatanımızı sevmek, bu şekilde yapılan çalışmalara katılmak veya dolaylı olarak destek vermekle somutlaşır.

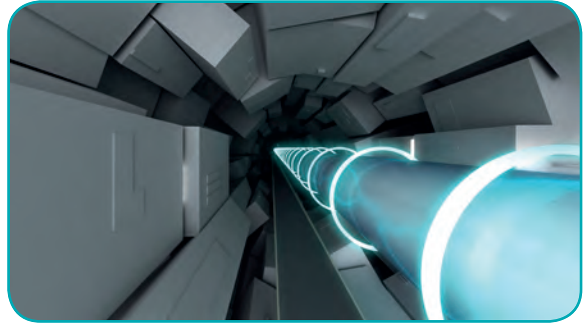
Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN)

1954 yılında kurulan Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi, Fransızca "Conseil Europén pour la Rocherche Nucle`aire" kısaltması ile CERN, Dünya'nın en büyük parçacık fiziği laboratuvarıdır. Görsel 1.59'taki gibi özellikle kuramsal fizikçilerle mühendislerin çoğunlukta çalıştığı bu merkezde, aynı zamanda evrenin oluşumunu açıklamak amacıyla atomun yapısı incelenmektedir.

Görsel 1.59 CERN laboratuvarında çalışan bilim insanları

Çok büyük ve ileri teknoloji ile donanımlı bir çalışma alanına sahip olan CERN'de en önemli bölüm Görsel 1.60'ta verilen Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) adı verilen parçacık hızlandırıcının bulunduğu yerdir. Dışarıdan gelecek kozmik ışınlardan etkilenmemesi için yer altında bulunan bu bölümde protonlar ile atom çekirdekleri çok yüksek hızda çarpıştırılır. Proton hızlandırılması esnasında protonun hızı ışık hızına yakın değerlere taşınır. Bu esnada sıcaklık artışı çok yüksek olacağından cihazlar güçlü soğutucularla korunur.





Görsel 1.60 Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın bazı bölümleri

Çarpışma sonucunda bilim insanları W ve Z adını verdikleri parçacıkların ortaya çıktığını tespit etmişlerdir.

Tüm bu çalışmaların gerçekleştirilmesinin bir nedeninin de evrenin oluşumunu açıklamak olduğunu söylemiştik. Çünkü Büyük Patlama Teorisi'ne göre evren, çok yoğun bir oluşumun patlaması ve parçacıkların saçılması ile meydana gelmiştir. Bu teoriye göre ilk parçacıklar kütlesiz saf enerjidir. Sonradan kütle kazanan parçacıklar oluşmuştur.

CERN'de yapılan deneyler 5 Nobel Fizik Ödülü'ne konu olmuştur. Günümüzde insanoğlunun bilgiye ulaşma ve iletişim amacıyla kullandığı World Wide Web [Vörld Vayd Veb (www)] sistemi CERN'de keşfedilmiş ve geliştirilmiştir. CERN'de yapılan araştırmalar, kullanılan ve geliştirilen teknolojiler dikkate alındığında bu kurumun dünya bilimine lokomotiflik yaptığı görülmektedir.

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1915 yılında Havacılık Ulusal Danışma Komitesi (NACA, National Advisory Committee for Aeronautics) adıyla kurulan bir merkez, uçak yapımına yönelik çalışmalarla işe başlamış, daha sonra gelişip 1958 yılında Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA, National Aeronautics and Space Administration) adı altında uzay çalışma programlarına ağırlık veren kuruma dönüşmüştür (Görsel 1.61).

Görsel 1.61: ABD uzay çalışmalarını yürüten NASA

ABD uzay çalışmalarını sivil ve askerî alanlarda olmak üzere ayırmıştır. Sivil uzay çalışmalarını NASA üstlenmiş durumdadır. Finansal kaynağı ABD'dir. NASA'nın ABD'de farklı bölgelerde kurulmuş uzay kontrol merkezleri, telekomünikasyon sistemleri yer alır.

Görsel 1.62: Aya gönderilen uzay aracı Apollo ve Ay yüzeyinde bir astronot

NASA insansız ve insanlı pek çok uzay programını gerçekleştirmiştir. İnsanlı uçuş programı Apollo projesiyle Görsel 1.62'deki gibi Ay'a astronot göndermiştir.

NASA 1971'de Dünya Dışı Akıllı Yaşam Araştırması adı altında başlatılan çalışmalarla Dünya dışında bir uygarlık veya yaşam olup olmadığını araştırmaya başlamış, Dünya'dan uzaya mesajlar göndermiştir. Bu mesajlarda Dünya'daki kimyasallara, DNA'ya dair bilgiler ve insan resimleri bulunduğu belirtilmiştir. Ancak bu proje çalışmaları 1992 yılında hiçbir gelişme olmadığı gerekçesiyle durdurulmuş daha sonra 2012 yılında tekrar üzerinde çalışmalara başlanmıştır.

NASA en büyük başarısını Apollo ve Skylab uzay mekiği projelerinde elde etmiştir. Skylab uzay aracı başarıyla bir yörüngeye yerleştirilen uzay laboratuvarıdır.

Avrupa Uzay Ajansı (ESA)

1975 yılında kurulan Avrupa Uzay Ajansı (ESA) uzay araştırmaları gerçekleştirmek amacıyla kurulmuş uluslararası bir organizasyondur. Merkezi, Fransa'nın Paris kentinde yer alan ESA'nın 22 ülke katılımıyla projeler ürettiği bilinmektedir. Çalışma programları içerisinde gezegenlerin ve Ay'ın araştırılması ile insanlı insansız uzay uçuşları bulunmaktadır. ESA'nın Görsel 1.63'teki uzay aracı İtalya Torino'da sergilenmiştir.

Görsel 1.63: İtalya Torino'da sergilenen ESA uzay aracı

2004 yılında ESA ile TÜBİTAK dış uzayın incelenmesi ve kullanılması konusunda iş birliği anlaşması imzalamış, anlaşma 2006 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu iş birliği anlaşmasına göre uzman değişimleri, uzay bilimi

ve teknolojileri alanında eğitim faaliyetleri, ortak burs ve ortak projeler gibi çalışmalar gerçekleştirilecektir.

İncelediğimiz tüm bu araştırma merkezleri, yer aldıkları ulusların küresel gelişimine katkıda bulunmaktadır. Bilim insanları yalnızca zeki ve çalışkan insan olma özelliği taşımamalıdır. Aynı zamanda; etik değerleri içselleştirmiş, çalışmalarını ulusunun yararına yürüten, vatansever, insan ve doğa sevgisi taşıyan, öz denetim sahibi, adaletli ve dürüst bir yapıya da sahip olmalıdır.

Bilimsel etiğin ilkeleri TÜBA (Türkiye Bilimler Akademisi) tarafından 2001'de yapılan toplantıda "Bilimsel Araştırmalarda Etik ve Sorunları" başlıklı raporda 6 temel ilke açıklandı. Bunlar:

1. Veriler, sadece bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemlerden elde edilmelidir. Elde edilmiş veriler saptırılamaz, elde edilmemiş sonuçlar araştırma sonuçları imiş gibi gösterilemez.

2. Bilimsel araştırma sürecinde deneklerin zarar görmemesi, deneklerin bilgilendirilmesi gibi sağlık konusunda bilgilendirme zorunluluk arz etmektedir. Deney hayvanlarının acı çekmemesi dikkate alınmalıdır.

3. Bilim insanı, araştırma bulguları ile ilgili olarak toplumu bilgilendirmek ve olası zararlı uygulamalar konusunda uyarmak zorundadır. Ayrıca bilim insanı kendi vicdani kanaatine göre zararlı sonuçlar doğuracak araştırmalara katılmama hakkına sahiptir.

4. Araştırma sonuçları, araştırmayı yapanların tümünün isimleri katkıları oranında yayınlanır. Araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve yayına hazırlanmasında etkin katkıda bulunmamış kişilerin isimleri yazar listesinde yayınlanamaz.

5. Araştırma sonuçlarının yayınlanmasında yararlanılan kitap, dergi ve her türlü alıntı kaynağı belirtilmek zorundadır. Evrensel olarak tanınan kuram ve matematiksel formüller gibi bilinen bilgiler dışındaki herhangi bir yapıt ve bilgi izin alınmadan ve kaynak gösterilmeden kullanılamaz veya yayınlanamaz.

6. Bilim insanı, akademik yaşamının bütün evrelerinde ve öğretim, yöntem ve akademik değerlendirmelere ilişkin görevlerde bilimsel liyakati temel ölçüt olarak kabul eder; hiçbir görev ve çalışmada temel etik kurallarının dışına çıkılmasına göz yummaz. Eğitimin eksik verilmesi, kopyacılık, akademik ilerleme ve ödül jürilerinde bilimsel liyakat ölçülerinin dışına çıkmak, kişileri kayırmak ve benzer davranışlar kabul edilmez.

Etik değerler, insanlarda eğitim ve öğretimle geliştirilebilen özelliklerdir. Yalnızca bilim insanları değil, iyi yetişmiş tüm insanlar bu değerleri özümsemiş kişilerdir.

Bilimsel buluşlar insanlığın yararına olabilecek üretimleri getirmelidir. Bunlara savunma sanayi için gerçekleştirilen üretimler de dâhildir. Atom bombası gibi tarihsel pişmanlıklar ve acılar getirmeyecek, insanlığı yücelten buluşlar olmalıdır.

Süreci Değerlendirelim 1-4

1) Önceki sayfalarda açıklanan bilimsel araştırma merkezlerinden hangisinin çalışması sizin ilgi alanınıza girmektedir?

2) TÜBİTAK'ın yayınlarına ulaşabiliyor musunuz? İncelediğiniz bir yayını varsa öğrendiklerinizi ve düşüncelerinizi sınıfınızda paylaşınız.

1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1) Aşağıdaki paragraftan yola çıkarak şıklarda verilen soruları yanıtlayınız.

Fizik bilimi; mekanik, termodinamik, elektromanyetizma, optik, katıhâl fiziği, atom fiziği, nükleer fizik, yüksek enerji ve plazma fiziği gibi alt dallardan oluşur. Bu alt dallardaki çalışmalar, mühendislik ve tıp alanları ile teknolojik gelişmelerde başlıca dayanak noktasıdır.

Buna göre

a) Fizik biliminin prensiplerine dayalı çalışan tıp alanında kullanılmakta olan araç ve gereçlere örnekler veriniz.

b) Fizik biliminin prensiplerine dayalı çalışan ulaşım araçlarına örnekler veriniz.

c) Fizik biliminin prensiplerine dayalı çalışan ev araç ve gereçlerine örnekler vererek fiziğin hangi alt dalına ait çalışmaların ürünü olduğunu belirtiniz.

ç) Fizik biliminin termodinamik alt alanındaki çalışmalar sonucunda günlük hayatımıza girmiş araç ve gereçlere örnek veriniz.

d) Gözlük, dürbün, teleskop gibi araçlar fiziğin hangi alt dalına ait ürünlerdir?

2) Skaler nicelikleri vektörel niceliklerden ayıran özellikler nedir?

3) Vektörel niceliklerde eşit vektör olma özellikleri nelerdir?

4) Vektörel niceliklerde zıt vektör olma özellikleri nelerdir?

5) Temel ve türetilmiş büyüklüklere örnekler vererek aralarındaki farkı açıklayınız.

6) TÜBİTAK'ın vizyonu nedir? Açıklayınız.

B. Aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) (   ) Evrenin oluşumunu ve yapısını fizik bilimi incelerken atomun yapısını yalnızca kimya bilimi incelemektedir.

2) (   ) Fizik bilim dalı evrenin oluşumunu astronomi bilim dalı ile birlikte inceler.

3) (   ) Fiziğin alt dalı mekanik; statik, kinematik ve termodinamik bölümlerinden oluşur.

4) (   ) Elektriğin de manyetik maddeler gibi manyetik etkisi bulunmaktadır.

5) (   ) Atom fiziği radyoaktif maddeleri ve yaptıkları ışımaları inceler.

6) (   ) Plazma fiziği tıp alanında kanser tedavisindeki cihazlarda kullanılır.

7) (   ) Archimedes, fizik biliminin yanı sıra felsefe ile de ilgilenen bilim insanlarından biridir.

8) (   ) Temel büyüklüklerin bazıları vektöreldir.

9) (   ) Kronometreler sürat ölçen araçlardır.

10) (   ) Vektörel büyüklükler sayı, birim ve yön ile eksiksiz tanımlanır.

C. Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

dünya	yıldız	radyoaktif	evren
sistem	endüstriyel	astroloji	ışık
elektromanyetizma	küçük	nükleer fizik	havacılık
uçak	büyük patlama	yön	parçacık fiziği
LASER	higgs bozonu	optik	kristal

1) Fizik bilimi madde boyutu ne olursa olsun tüm .... yapılarını, hareketlerini inceler.

2) Evrenin oluşumunu açıklamaya çalışan teorilerden biri de .... teorisidir.

3) Fizik bilimi, yıldızların sıcaklığını ve yapısını yıldızlardan gelen .... rengine bağlı olarak tespit eder.

4) Fizik ve astronomi alanlarında çalışan bilim insanları evrendeki .... haritalarının oluşturulmasını sağlamışlardır.

5) Yansıma, kırılma gibi ışık olaylarını inceleyen fizik alt dalına .... denir.

6) Katıhâl fiziği .... yapılı maddelerin karakteristiğini belirlemek için çalışmalar yapar.

7) .... teknolojisi atom fiziğindeki çalışmalarla ortaya çıkmıştır.

8) .... çekirdek tepkimelerini inceleyen fizik alt dalıdır.

9) Vektörel nicelikleri toplarken yalnızca şiddet değil .... de işleme dâhil edilir.

10) Vektörel nicelikler toplandığında toplam vektör toplananlardan daha .... değerde olabilir.

11) TÜBİTAK, akademik çalışmaları .... alana aktaran bir kurumdur.

12) Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) .... maddeleri, cihazları bulunduran, ithal ve ihraç eden kurumlara lisans verir.

13) Askeri Elektronik Sanayi (ASELSAN) çalışmalarını; fizik, bilgisayar, elektrik-elektronik, makine ve endüstri mühendislikleri ile .... ve uzay alanlarında yürütmektedir.

14) Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN) dünyanın en büyük .... laboratuvarıdır.

15) CERN'deki .... araştırması kütlesi olmayan atomlara kütle kazandıran mekanizmanın varlığının tespitidir.

Ç. Aşağıdaki tabloyu, tabloda verilen büyüklüklerin taşıdığı özelliğine (+), taşımadığı özelliğine (–) koyarak doldurunuz.

Büyüklük	Temel	Türetilmiş	Skaler	Vektörel
Kütle				
Enerji				
Kuvvet				
Zaman				
Akım Şiddeti				
Yer değiştirme				
Basınç				
Hız				
Uzunluk				
İvme				

D. Aşağıdaki ifadeleri uygun terimlerle eşleştiriniz.

(....) 1. Işık şiddeti birimi

(....) 2. Vektörel bir büyüklük

(....) 3. Sıcaklık ölçer

(....) 4. Fiziğin uygulama alanlarından biri

(....) 5. Bir sayı, birim, yön ve doğrultu ile ifade edilen büyüklük

(....) 6. Fizikçilerin uğraş alanlarından biri

(....) 7. Temel büyüklüklerden biri

a. Hız

b. Kütle

c. Elektronik

ç. Candela

d. Vektör

e. Nükleer santraller

f. Termometre

E. Aşağıda verilen çoktan seçmeli soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz

1)

I. Evrenin oluşumu

II. Dünya'nın hareketleri

III. Atomun yapısı

IV. Canlıların hücre yapıları

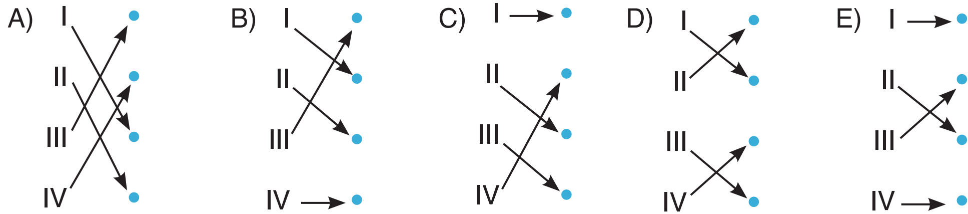
Yukarıda verilenlerden hangileri fizik biliminin çalışma alanlarındandır?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

2)

Fizik alt dalı	Konu
I. Atom fiziği	• Atom çekirdeğini ve çekirdek tepkimelerini inceler.
II. Plazma fiziği	• Katı cisimleri ve kristal yapıdaki madde özelliklerini inceler.
III. Nükleer fizik	• Atomu bir çekirdek ve elektronlar sistemi olarak ele alır.
IV. Katıhâl fiziği	• Yüksek sıcaklıklarda iyonize olmuş gazları, bu hâlde parçacıkların hareketini inceler.

Yukarıda verilen fizik alt dalları ile ele aldıkları konular eşleştirildiğinde aşağıdaki şekillerden hangisi ortaya çıkar?



3) Aşağıda bazı araçlar verilmiştir.

I. Kronometre

II. Eşit kollu terazi

III. Ampermetre

IV. Mezura

Yukarıda verilen ölçü araçlarından hangileri temel büyüklükleri ölçer?

A) I ve II B) I ve III C) I, II ve III D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

4) Aşağıda sembolleri ile verilen birimlerden hangisi SI birim sistemine uygun **değildir**?

A) Kilogram (kg) B) Metre (m) C) Saniye (s)

D) Santigrat (°C) E) Candela (cd)

5)

I. Otomatik musluk

II. Mikrodalga fırın

III. Asansör

Yukarıda verilen otomatik musluk, mikrodalga fırın ve asansör gibi günlük hayatımızda kullandığımız araçların hangisi ya da hangilerinin çalışması ışık olayı ve ışığın yapısına bağlıdır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

6)

I. Enerji santrali

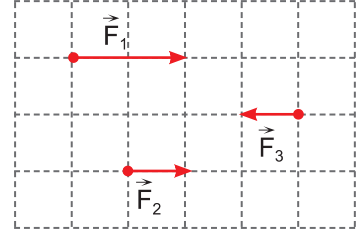
II. Paraşütle atlama

III. İnsan omurgası röntgeni

Yukarıdaki fotoğraflarda verilenler fiziğin hangi alt dallarına ait çalışmaların sonucunda ortaya çıkmıştır?

	I. Enerji santrali	II. Paraşütle atlama	III. İnsan omurgası röntgeni
A)	Nükleer fizik	Mekanik	Atom fiziği
B)	Atom fiziği	Termodinamik	Nükleer fizik
C)	Atom fiziği	Mekanik	Nükleer fizik
D)	Nükleer fizik	Termodinamik	Katıhâl fiziği
E)	Nükleer fizik	Mekanik	Katıhâl fiziği

7) Şekildeki $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetleri aynı düzlemdedir.



Buna göre;

I. $\vec{F}_1 = -2\vec{F}_3$

II. $\vec{F}_2 = \vec{F}_3$

III. $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 2\vec{F}_2$

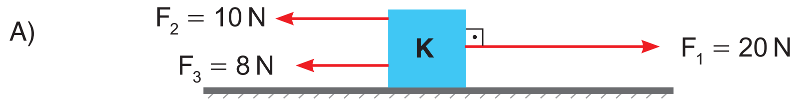
yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

(Bölmeler eşit aralıklıdır.)

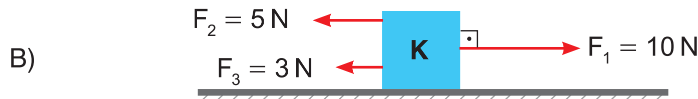
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

8) Sürtünmesiz yatay zemindeki K cismine etkiyen aynı düzlemdeki kuvvetlerin bileşkesi hangi seçenekte farklı şiddettedir?

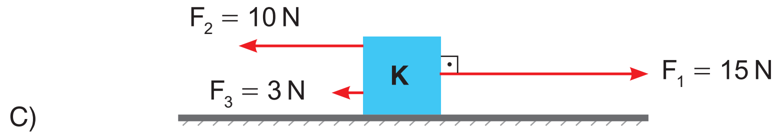
A)



B)

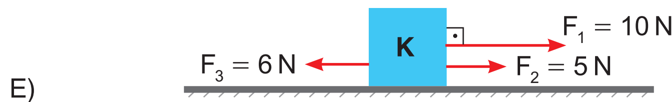


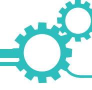
C)



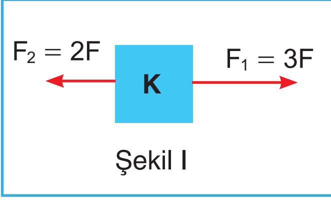
D)

E)

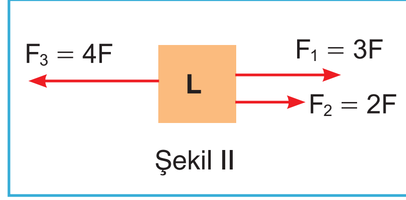




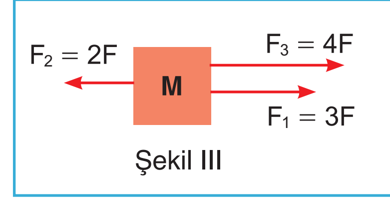
9)



Şekil I



Şekil II



Şekil III

Şekil I, II ve III'te verilen sürtünmesiz yatay düzlemdeki K cismine $F_1=3F$ ve $F_2=2F$, L ve M cisimlerine ise $F_1=3F$, $F_2=2F$ ve $F_3=4F$ büyüklüğünde aynı düzlemde kuvvetler uygulanıyor.

Buna göre cisimlere etkiyen kuvvetlerin bileşkelerinin büyüklüğü R_K, R_L ve R_M arasındaki ilişki nedir?

A) $R_M > R_L > R_K$ B) $R_M > R_K > R_L$ C) $R_M > R_K = R_L$

D) $R_L > R_K > R_M$ E) $R_K > R_L > R_M$

10)

I. TÜBİTAK, farklı alanlarda Ar-Ge enstitüleri işleterek savunma, elektronik, uzay ve havacılık teknolojilerinin geliştirilmesi için çalışır.

II. TAEK, elektrik enerjisinden yararlanılması amacıyla çalışmalar yapan bir kurumdur.

III. ASELSAN, Türk Silahlı Kuvvetleri dışında sivil kurum ve kuruluşlara da elektronik projeler hazırlar.

IV. CERN, atom altı parçacıkları inceleyen bir bilimsel araştırma merkezidir.

Yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, III ve IV E) I, II ve IV

11) Vektörel büyüklükler için

I. Temel büyüklüklerdir.

II. Toplam vektör her zaman toplananlardan büyük değer alır.

III. Eşit olduklarında doğrultu ve yönleri kesinlikle aynıdır.

yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

2. ÜNİTE

MADDE VE ÖZELLİKLERİ

KONULAR

- MADDE VE ÖZKÜTLE
- DAYANIKLILIK
- YAPIŞMA VE BİRBİRİNİ TUTMA

Öğrenilecek Bilimsel Kavram ve Terimler

- Kütle
- Hacim
- Özkütle
- Dayanıklılık
- Yapışma (adezyon)
- Birbirini tutma (kohezyon)
- Yüzey gerilimi
- Kılcallık

Ünite İçin Ön Hazırlık Soruları

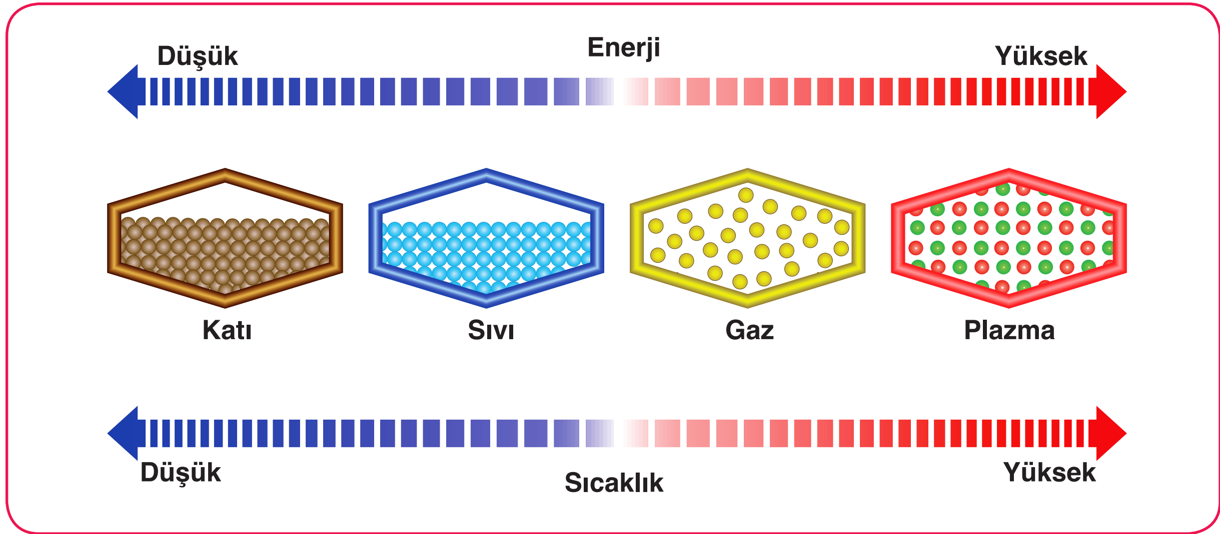
- Madde nedir? Çevrenizden madde örnekleri veriniz.
- Gündelik hayatta kütle ve hacim ölçmede kullanılan araçlara örnekler veriniz.
- Denizde yüzen bir buzdağının hacminin yaklaşık onda biri suyun üzerinde kalır. Bunun sebebi nedir? Araştırınız.
- Köprü ayaklarının ve büyük binaların kolonlarının niçin kalın yapıldığını araştırınız.
- Bazı böceklerin batmadan su üzerinde yürüyebilmelerinin nedeni ne olabilir? Araştırınız.

2.1. MADDE VE ÖZKÜTLE

Çevremizde gördüğümüz canlı ve cansız varlıklara kalem, kuş, çiçek gibi örnekler vermek mümkündür. Tüm bu sıraladığımız örnekleri kapsayacak genel bir tanım yapabiliriz. Boşlukta yer kaplayan, kütlesi olan, duyularla algılanabilen, eylemsizlik özelliğine sahip en az bir tanecikli her tür yapıya madde denir.

O hâlde madde atomlardan meydana gelen kütlesi, hacmi ve eylemsizliği olan her şeydir.

Madde katı, sıvı, gaz ve plazma hâlinde bulunur.



Görsel 2.1: Maddenin bulunduğu fiziksel hâller

Görsel 2.1'deki gibi madde enerji alarak veya enerji yayınlayarak bir hâlden diğerine geçebilir. Ancak hâl değiştirse de aynı maddedir. Cisim ise katı maddelerin işlenmiş, biçim verilmiş durumudur.

Maddelerin kütle, hacim, koku, renk, erime sıcaklığı, kaynama sıcaklığı gibi özellikleri vardır. Bu özelliklerden bazıları tüm maddelerde bulunur. Bunlara **maddenin ortak özellikleri** denir. Kütle, hacim, eylemsizlik ve tanecikli yapı özellikleri ortak özelliklerdir.

Erime sıcaklığı, kaynama sıcaklığı, özkütle gibi karakteristik özellikler ise maddenin ayırt edici özellikleridir. Şimdi maddenin ortak özelliklerinden kütle ve hacmi inceleyelim.

2.1.1. Maddelerin Kütleleri ile Hacimleri Arasındaki İlişki

Kütle

Madde miktarı olarak tanımladığımız kütle maddenin ortak özelliğidir. Kütle,

1. Temel büyüklüktür.

2. Skaler büyüklüktür.

3. Bulunulan yere göre değişmez. Dünya'da farklı yerlerde, Dünya yüzeyinden farklı uzaklıklarda, Ay'da veya herhangi bir gezegende bir cismin madde miktarı aynıdır, değişmez.

4. Madde miktarı hâl değişimlerinden etkilenmez. Örneğin katı hâldeki bir madde eritilip sıvı hâle getirildiğinde kütlesi değişime uğramayacaktır.

5. Kütle ölçümü terazilerle yapılır. Görsel 2.2'de mekanik bir terazi olan eşit kollu terazi görülmektedir. Görsel 2.3'te görülen terazi de bir eşit kollu terazidir. Terazinin bir kefesine standart kütle, diğer kefesine kütlesi ölçülecek cisim yerleştirilir. Elektronik teraziler (Görsel 2.4) ile daha hassas ölçümler yapabilmekteyiz.

Görsel 2.2: Geçmiş yıllarda laboratuvarda ve kuyumcularda kullanılan eşit kollu terazi

Görsel 2.3: Günümüzde kullanımı giderek azalan bir eşit kollu terazi çeşidi

Görsel 2.4: Çok küçük kütleleri ölçmek için kullanılan elektronik terazi

6) Ayırt edici özellik değildir. Kütleleri eşit maddelerin kesinlikle aynı cins olduğu veya kütleleri farklı maddelerin de kesinlikle farklı cins maddeler olduğu söylenemez.

Tablo 2.1'de kütle birimlerinden bazıları kilogramın üst ve alt katları olarak sembol ve dönüşümleri ile verilmiştir.

Tablo 2.1: Kilogramın üst ve ast katları, sembolleri ve dönüşümleri

Kütle Birimleri	Sembolü	Dönüşümü
Ton	t	10^3 kg
Kilogram	kg	1 kg
Gram	g	10^{-3} kg
Miligram	mg	10^{-6} kg

Verilen kütle birimi bir alt birime çevrilirken 1000 ile çarpılır. Kütle birimi bir üst birime çevrilirken 1000'e bölünür. Birim çevrimleri yapılırken bilişim teknolojilerinden de yararlanabilirsiniz. Cep telefonunuzda birim çevirme uygulamalarını ya da bilgisayarınızdan birim çevirme sitelerindeki programları kullanarak birim dönüşümlerini kolaylıkla yapabilirsiniz.

Örnek

Aşağıda verilen birimleri istenilen birime çeviriniz.

1. 10 kg = ... g

2. 500 g = ... kg

3. 12 g = ... t

4. 70 kg = ... t

5. 60 t = ... kg

Çözüm

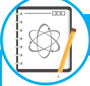
1. 10 kg = 10 x 10^{3} g =10000 g

2. 500 g = 500 x 10^{-3} kg = 0,5 kg

3. 12 g = 12 x 10^{-6} t

4. 70 kg = 70 x 10^{-3} t = 0,07 t

5. 60 t = 60 x 10^{3} kg = 60000 kg



Alıştırma 2-1

Aşağıda verilen birimleri istenen birimlere çeviriniz.

1. 15 t = ... g

2. 0,2 kg = ... mg

3. 25 kg = ... t

4. 0.2 dag = ... dg

5. 800 g = ... t

6. 20 cg = ... mg

7. 0,6 g = ... dag

8. 18 t = ... dg

9. 30 mg = ... t

Hacim

Bir maddenin boşlukta kapladığı yere **hacim** denir. Maddenin ortak özellikleri arasında yer alan hacim genel olarak V sembolü ile gösterilir.

Hacim,

1. Türetilmiş büyüklüktür. Boyut uzunluklarının (en, boy, yükseklik) çarpımından türemiş büyüklüktür.

2. Skaler büyüklük olarak kabul edilir.

3. Maddenin sıcaklığına ve bulunduğu yerdeki basınca bağlı değişim gösterebilir.

4. Hacim ayırt edici bir özellik değildir. Hacimleri eşit maddeler için kesinlikle aynı cins denemeyeceği gibi hacimleri farklı maddelerin de kesinlikle farklı cins olduğu söylenemez.

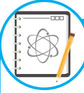
5 Hacim birimi, SI birim sisteminde metreküptür (m^3). Ancak metreküpün katları ve ast katları da kullanılabilir. Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te bazı hacim birimleri sembolleri ve dönüşümleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 2.2: Metreküpün üst ve ast katlarından bazıları, sembolleri ve dönüşümleri

Hacim Birimleri	Sembolü	Dönüşümü
Kilometreküp	km^3	10^{9} m^3
Metreküp	m^3	1 m^3
Desimetreküp	dm^3	10^{-3} m^3
Santimetreküp	cm^3	10^{-6} m^3
Milimetreküp	mm^3	10^{-9} m^3

Tablo 2.3: Litre cinsinden hacim birimlerinden bazıları

Birim	Birim sembolü	Dönüşümü
Litre	L	1 L = 1 dm^3
Mililitre	mL	1 mL = 10^{-3} L = 1 cm^3



Alıştırma 2-2

Aşağıda verilen hacim birimlerini istenilen birime dönüştürünüz.

1. 20 dL = ... L **2.** 200 cm^3 = ... m^3 **3.** 150 mL = ... L

4. 80 m^3 = ...dm^3 **5.** 50 cL = ... m^3

Hacim ölçümü katı, sıvı ve gazlarda farklı şekilde yapılmaktadır. Katılarda hacim ölçümü katının şekline göre farklılık gösterir.

Çevremizde gördüğümüz katı maddelerin bazıları düzgün bir geometrik şekle sahipken bazılarının düzgün bir geometrik şekli yoktur. Sandık, soba borusu, kitap, top gibi belirli bir geometrik şekli olan cisimlerin hacmi hesaplanırken hacim formüllerinden yararlanılır. Taş, kum gibi cisimlerin hacimlerini hacim formülleri yardımıyla hesaplayabilir miyiz?

Küp, dikdörtgenler prizması, silindir, küre, kare piramit, koni gibi belirli bir geometrik şekli olan cisimlerin hacimleri matematiksel formüller yardımıyla bulunur (Tablo 2.4).

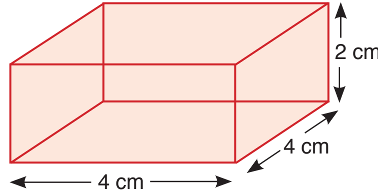
Tablo 2.4: Bazı geometrik cisimler ve hacim formülleri

Şekil	İsim	Elemanlar	Hacim
a, a, a	Küp	a = Kenar uzunluğu	$V = a^3$
a, b, c	Dikdörtgenler prizması	a, b, c = Kenarların uzunluğu	$V = abc$
h, r	Silindir	r = Taban yarıçapı h = Yükseklik	$V = \pi r^2 h$
r	Küre	r = Yarıçap	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$

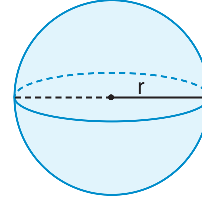
Sıvı hâldeki maddenin hacmi, sıvılar bulunduğu kabın şeklini alacağı için kap hacmine bağlı kalınarak tespit edilir. Kapalı bir kap içerisindeki gazların hacmi ise kapalı kabın hacmine eşit olacaktır. Görsel 2.5'te sıvıların hacmini ölçmede kullanılan bazı ölçüm araçları verilmiştir.

Görsel 2.5: a. Laboratuvarlardaki dereceli silindirler b. Sütçü ölçekleri c. Şırınga

Örnek



Şekil 1



Şekil 2

Şekil 1'de verilen boyutları 4 cm, 4 cm ve 2 cm olan dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin hacmi, Şekil 2'de verilen r yarıçaplı küresel cismin hacmine eşittir. Buna göre küresel cismin yarıçapı (r) kaç cm'dir? ($\pi = 3$ alınız.)

Çözüm

Dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin hacmi,

$V = a \cdot b \cdot c$ eşitliğinden bulunur.

$V_{prizma} = 4 \cdot 4 \cdot 2 = 32\ cm^3$

Bu hacim değeri küresel cismin hacmine eşit verildiğine göre

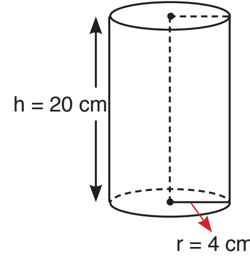
$V_{küp} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$

$32 = \frac{4}{3} \cdot 3 \cdot r^3$

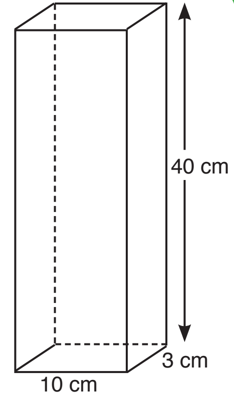
$r^3 = 8 \Rightarrow r = 2$ cm bulunur.

Örnek

Şekil 1'de verilen taban yarıçapı 4 cm, yüksekliği 20 cm olan silindirik kap sıvı ile tamamen doludur. Bu kaptaki sıvının tamamı Şekil 2'deki boyu 10 cm, eni 3 cm ve yüksekliği 40 cm olan dikdörtgenler prizmasına boşaltılıyor. Bu durumda dikdörtgenler prizması şeklindeki kapta sıvı yüksekliği kaç cm olur? (π = 3 alınız.)



Şekil 1



Şekil 2

Çözüm

Sıvılar bulundukları kabın şeklini alır. Bu nedenle Şekil 1'deki silindirin hacmi aynı zamanda içindeki sıvının hacmine eşittir. Ancak sıvı 2. kapta hacmi kadar kısmı dolduracaktır. Bu nedenle 2. kabın taban alanı ile sıvı yüksekliği çarpımı verilen sıvı hacmine eşitlenmelidir.

Birinci kaptaki sıvı hacmi,

$V = \pi r^2 \cdot h$ eşitliğinden bulunur.

$V_{sıvı} = 3 \cdot 4^2 \cdot 20 = 960 \text{ cm}^3$

$960 = 10 \cdot 3 \cdot h$

$h = 32$ cm bulunur.

Düzgün Şekilli Olmayan Katı Cisimlerin Hacimlerinin Ölçülmesi

Çevremizde her zaman düzgün geometrik biçimli cisimler olmayabilir. Örneğin bir taş parçasının hacmini nasıl hesaplayabiliriz?

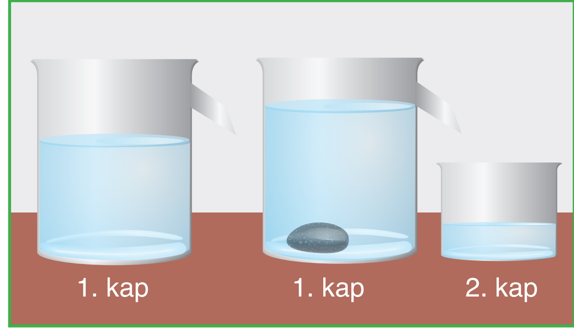
Şekli belirli olsun veya olmasın suda çözünmeden suya batan katılar, hacimleri kadar suyun yer değiştirmesine neden olur. Bu nedenle düzgün geometrik biçimli olmayan katıların hacmini de bu yöntemle ölçebilirsiniz. Ancak hacmi ölçülecek katının suda çözünmemesi gerekir. Katı, suda çözünürse ölçülen hacim, katı hacminden daha küçük olur. Bu nedenle hacim ölçülmesinde katının kullanılacak sıvıda çözünüp çözünmediği araştırılmalıdır. Gerekirse sudan başka sıvılar kullanılarak hacim ölçülebilir.

Kum gibi küçük tanecikli katı maddelerin hacmi de su ve dereceli silindir yardımıyla bulunabilmektedir. Kum ile su karışımının hacmi iki maddenin ayrı ayrı hacimlerinin toplamından daha küçük olur. Hacim azalmasının nedeni kum tanecikleri arasında bulunan hava boşluklarıdır. Eklenen suyun bir kısmı bu boşlukları doldurduğundan karışımın hacmi, kuru kumun hacmi ile suyun hacminin toplamından daha az olur. Demek ki kuru kumun ölçülen hacmi, kum taneciklerinin gerçek hacmi değildir.

Örnek

Akaç seviyesine kadar hacmi 100 cm^3 olan şekildeki 1. kapta 80 cm^3 su bulunmaktadır.

Bir taş bu kaba bırakıldığında tamamen batarak 2. kapta 5 cm^3 su birikmesine neden olduğuna göre taşın hacmi kaç cm^3'tür?



Çözüm

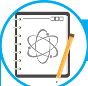
Taş tamamen battığına göre kendi hacmi kadar hacimde suyun yerini değiştirir.

Bu durumda, 100 – 80 = 20 cm^3

1. kapta yeri değişen su hacmi, 20 cm^3'lük bu hacim ile 2. kaba taşan 5 cm^3'lük hacim toplamıdır.

Buna göre taşın hacmi,

$V = 20 + 5 \Rightarrow V = 25\ cm^3$ bulunur.



Alıştırma 2-3

Kenar uzunluğu 4 cm olan küp yarısına kadar su ile doludur. Küpün içindeki su, taban yarıçapı 2 cm olan silindire döküldüğünde silindirin tamamı dolduğuna göre silindirin yüksekliğini bulunuz. ($\pi = 3$ alınız.)

Özkütle

Buraya kadar yaptığımız açıklamalardan kütle ve hacim değerlerinin maddenin ortak özelliği olduğunu, ayırt edici özellik olarak kullanılamayacağını gördük. Ancak biz cisimlerin karakteristik özelliklerini belirleyerek demir, bakır, su, alkol gibi ayırt etmek istiyoruz. Bu durumda sabit sıcaklık ve basınç altında kütle ve hacim değerlerini saptamakla yola çıkarız.

Bu durumu açıklarken aynı sıcaklık ve basınçta 1 cm^3 hacminde saf bakır ve demirden örnek verelim. Bu maddelerin aynı basınç ve sıcaklıkta hacimleri eşit olmasına rağmen kütleleri farklı değerdedir. Bu yalnızca bakır ve demir için geçerli bir durum değildir. Aynı koşullarda genellikle saf maddelerin birim hacimlerinin kütleleri farklıdır. Bu nedenle birim hacimdeki madde miktarına **özkütle** denir. Buna göre

$\text{Özkütle} = \dfrac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}}$ olarak tespit edilen bir büyüklüktür.

Aynı koşullarda bir cismin kütlesi artıyorsa hacmi de aynı oranlarda artar. m kütleli maddenin hacmi V ise kütle artırılarak 2m yapıldığında hacmi de 2V olur.

Özkütle skaler bir büyüklüktür ve d sembolüyle gösterilir ve $d = \dfrac{m}{V}$ bağıntısıyla ifade edilir. SI'da kütle birimi kg, hacim birimi m^3 olduğuna göre, özkütlenin birimi kg/m^3 olarak bulunur. Ancak g/cm^3 ya da g/mL birimleri daha çok kullanılmaktadır.

Örneğin 30 cm^3 hacmindeki bir cismin kütlesi 90 g ise özkütlesi, $d = \frac{m}{V} \Rightarrow d = \frac{90}{30} = 3\ g/cm^3$tür.

Ayrıca kütle ve hacim için $m = d \cdot V$ ve $V = \frac{m}{d}$ ifadeleri yazılabilir.

Cisimlerin kütlelerini ve hacimlerini ölçmeyi öğrendiniz. Şimdi de farklı maddelerin özkütlelerini bularak birbiriyle karşılaştırmak için Deney 2-1'i yapalım.

Deney 2-1

Sabit Sıcaklık ve Basınçta Bazı Katı Maddelerin Özkütlelerinin Bulunması ve Karşılaştırılması

Deneyin Uygulanışı

1. Aşağıdaki tabloyu defterinize çiziniz.

2. Aynı tür çakıl taşlarını tek tek tartarak kütlelerini tabloya kaydediniz.

	Kütle	Hacim (cm^3)
1. ölçüm		
2. ölçüm		
3. ölçüm		

Araç ve Gereçler

- Eşit kollu terazi ve tartım takımı
- Aynı tür çakıl taşları (3 adet)
- Demir parçaları
- Dereceli silindir (100 mL)

3. Bu taşların hacimlerini daha önce öğrendiğimiz gibi içinde su bulunan dereceli silindir yardımıyla bularak tabloya yazınız.

4. Bulduğunuz hacim ve kütle değerlerinden taşın özkütlesini hesaplayınız.

5. Yukarıdaki işlemleri taş parçaları yerine demir parçaları kullanarak tekrarlayınız. Arkadaşlarınızla ölçüm sonuçlarınızı karşılaştırınız.

6. Taş ve demir parçaları için kütle ve hacim değerlerinden yararlanarak bu maddelerin özkütlelerini hesaplayınız.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Taş ve demir için bulduğunuz özkütleleri arkadaşlarınızın bulduğu özkütle değerleriyle karşılaştırınız. Özkütle değerleri farklı mı? Farklı ise sebepleri neler olabilir?

2. Özkütle bir maddeyi tanımada ya da ayırt etmede kullanılabilir mi? Tartışınız.

3. Çizdiğiniz grafiklerle ilgili yorumlarınızı belirtiniz.

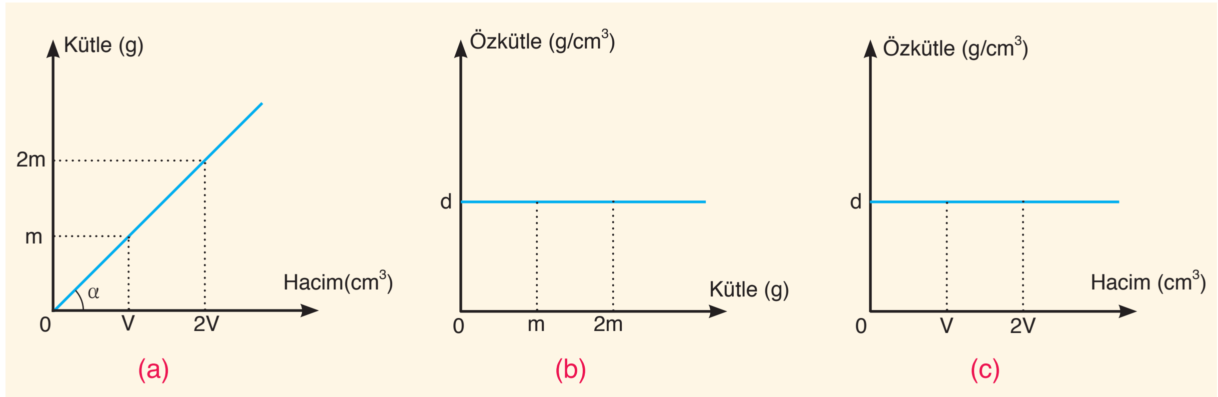
4. Yaptığınız deneyde hata kaynakları neler olabilir?

Deneyde taşın ve demirin özkütlelerini farklı buldunuz. Deneyinizde tahta veya bakır kullansaydınız onların özkütlelerini de farklı bulacaktınız. Bu durum özkütlenin maddelerin ayırt edici özelliklerinden olduğunu gösterir.

Sabit sıcaklıkta, katı bir maddenin hacmi arttıkça kütlesi de artar. Yani maddenin kütlesi ile hacmi doğru orantılı olarak değişir. Ancak bir maddenin kütlesi veya hacmi artırıldığında özkütlesi değişmez. O hâlde, özkütle madde miktarından bağımsız bir özelliktir. Sabit sıcaklıkta maddenin hacmi ve kütlesi artsa da özkütlesi aynı kalacaktır.

Şekil 2.1 a, b ve c'deki kütle- hacim, özkütle-kütle ve özkütle-hacim grafiklerini inceleyelim. Kütle-hacim grafiklerinde grafiğin eğimi sabittir ve özkütle değerini verir.

$$\text{Eğim} = \frac{m}{V} = \frac{2m}{2V} = d$$



Şekil 2.1: Sabit sıcaklıkta a. Kütle-hacim b. Özkütle-kütle c. Özkütle-hacim grafikleri

Şekil 2.1.b ve c'de özkütlenin kütleden ve hacimden bağımsız olduğunu, kütle ve hacim değişse de özkütle değerinin sabit kaldığını görüyoruz. O halde özkütle sabit basınç ve sıcaklıkta ayırt edici bir özellik olmaktadır. Aynı koşullarda özkütleleri eşit değerde olan iki cisim aynı maddeden yapılmış olabilir. Ancak aynı koşullarda özkütleleri farklı değerde olan iki cisim kesinlikle farklı maddelerden yapılmış olmalıdır. Tablo 2.5'te bazı maddelerin özkütle değerleri verilmiştir.

Tablo 2.5: 1 atmosfer basınç ve 0 °C sıcaklıkta bazı maddelerin özkütleleri

Madde	Özkütle (kg/m³)
Buz	$0,917 \times 10^3$
Alüminyum	$2,7 \times 10^3$
Demir	$7,86 \times 10^3$
Bakır	$8,92 \times 10^3$

Madde	Özkütle (kg/m³)
Su (+4°C)	$1,00 \times 10^3$
Etil alkol	$0,806 \times 10^3$
Benzin	$0,879 \times 10^3$
Cıva	$13,6 \times 10^3$

Sıvıların özkütlesinin bulunabilmesi için de hacminin ve kütlesinin bilinmesi gerekir. Sıvının hacmi, dereceli silindir yardımıyla bulunur. Kütlesini bulmak için dereceli silindir önce boş olarak tartılır (m_1), sonra

belirli bir hacimde sıvı konularak tartılır (m_2). İki tartım arasındaki fark ($m_2 - m_1$) sıvının kütlesini verir.

$\frac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}}$ oranından özkütle hesaplanır.

Sıvıların hacimlerini ölçmek, kütlelerini ölçmekten daha kolaydır. Bu nedenle günlük hayatta sıvılar, hacimleri ölçülerek alınıp satılır. Ancak siz sıvıların özkütlelerini bilirseniz kütlelerini de karşılaştırabilirsiniz.

Karışımların Özkütlesi

Birbiriyle homojen olarak karışabilen maddelerde de özkütle değeri bulunurken toplam hacimdeki toplam madde miktarı değerine bakılır.

Örneğin homojen karışabilen aynı sıcaklıktaki özkütlesi $d_{su} = 1\ g/cm^3$ olan su ile özkütlesi $d_{alkol} = 0,8\ g/cm^3$ olan alkol karıştırıldığında karışımın özkütlesine d_K dersek

1. d_K sıvıların özkütleleri arasında değer alır. $(0,8 < d_K < 1)$

2. Eşit hacimlerde karışım yapılmışsa karışımın özkütlesi d_K, iki sıvının özkütlelerinin ortalamasıdır.

$$d_K = \frac{d_{su} + d_{alkol}}{2}$$

$d_K = 0,9\ g/cm^3$ olur.

3. Sıvılar farklı hacimlerde karıştırılırsa d_K, hacmi büyük olan sıvının özkütlesine yakın değer alır.

Örneğin $V_{su} > V_{alkol}$ ise $0,9 < d_K < 1$, $V_{alkol} > V_{su}$ ise $0,8 < d_K < 0,9$ olacaktır.

Örnek

Şekilde aynı koşullardaki X, Y ve Z sıvılarının kütle-hacim grafiği verilmiştir. Buna göre sıvıların özkütleleri d_X, d_Y ve d_Z arasındaki ilişki nedir?

A) $d_X > d_Y > d_Z$

B) $d_Y > d_X > d_Z$

C) $d_X > d_Z > d_Y$

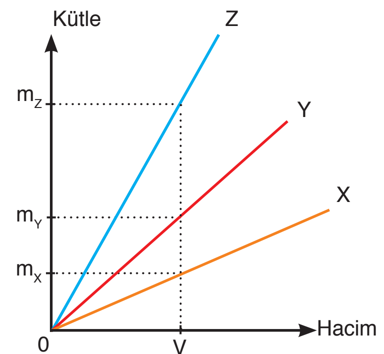
D) $d_Z > d_Y > d_X$

E) $d_Z > d_X > d_Y$

Çözüm

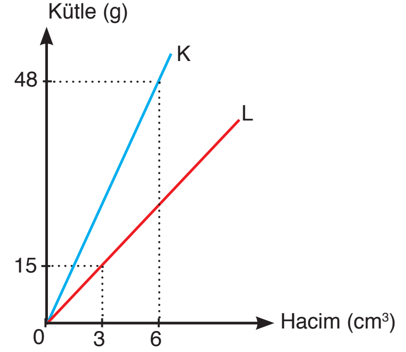
Kütle-hacim grafiklerinde eğim özkütleyi verir. O halde eğimi en büyük olan Z sıvısının özkütlesi en büyük, eğimi en küçük olan X sıvısının ise en küçük olmalıdır. Grafik üzerinde belirli bir hacim değerinde sıvıların içerdiği kütle değerlerine bakarak da özkütleleri karşılaştırabiliriz.

Şekildeki gibi V kadarlık hacim içerisinde en büyük kütleye sahip olanın Z sıvısı olduğu görülmektedir. Buna göre yanıt D seçeneği olmalıdır.



Örnek

Şekilde aynı koşullardaki K ve L sıvılarının kütle-hacim grafiği verilmiştir.



Buna göre K ve L sıvılarının 20 cm³ lük hacimlerinin kütleleri m_K ve m_L arasındaki oran kaçtır?

Çözüm

Verilen grafikten yararlanarak K ve L sıvılarının özkütleleri bulunur.

$d_K = \frac{48}{6} = 8 \text{ g/cm}^3$

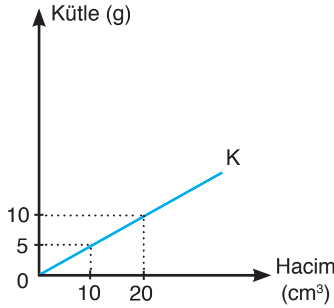
$d_L = \frac{15}{3} = 5 \text{ g/cm}^3$tür.

Eşit hacimli sıvıların kütleleri arasındaki oran sıvıların özkütleleri oranına eşittir.

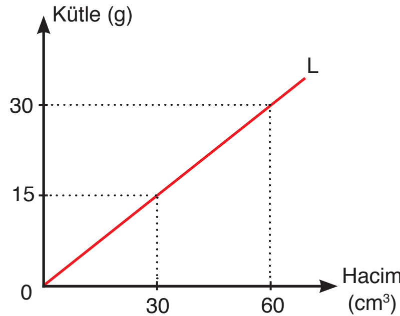
$m_K = d_K \cdot V$

$m_L = d_L \cdot V$ $\quad \frac{m_K}{m_L} = \frac{d_K}{d_L} = \frac{8}{5}$ bulunur.

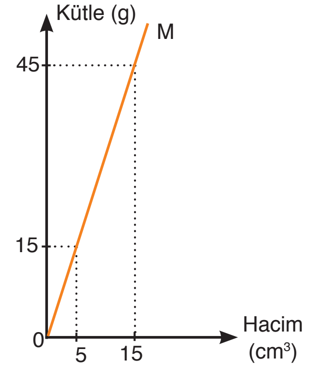
Örnek



(1)



(2)



(3)

Aynı sıcaklık ve basınçta K, L ve M sıvılarının kütle-hacim grafikleri Şekil 1, 2 ve 3'teki gibidir. Buna göre aşağıdaki yargılardan hangisi doğrudur?

A) K ve L aynı cins sıvılar olabilir. M kesinlikle farklıdır.

B) L ve M aynı cins sıvılar olabilir. K kesinlikle farklıdır.

C) Üçü de aynı cins sıvı olabilir.

D) Üçü de kesinlikle farklı cins sıvılardır.

E) K ve M aynı cins sıvılar olabilir. L kesinlikle farklıdır.

Çözüm

Sıvıların aynı cins olup olmadığını anlamak için grafiklerden yararlanarak özkütle değerlerini bulalım. Sıvıların özkütleleri eşit ise aynı cins sıvı olabilirler. Ancak özkütleleri farklı ise kesinlikle farklı cins sıvılardır.

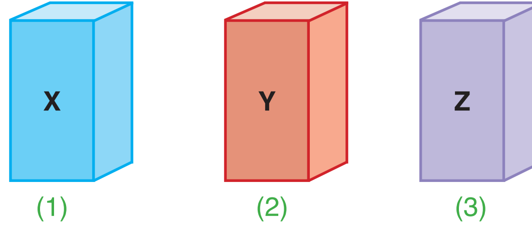
$d_K = \frac{m_K}{V_K} \Rightarrow d_K = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$ g/cm^3

$d_L = \frac{m_L}{V_L} \Rightarrow d_L = \frac{30}{60} = \frac{1}{2}$ g/cm^3

$d_M = \frac{m_M}{V_M} \Rightarrow d_M = \frac{45}{15} = 3$ g/cm^3 bulunur.

Buna göre K ve L aynı cins sıvılar olabilir ancak M kesinlikle farklıdır. Yanıt A seçeneğidir.

Örnek



Şekildeki özdeş 1, 2 ve 3 kapları sırasıyla özkütleleri; $d_X = 2$ g/cm^3, $d_Y = 0{,}6$ g/cm^3, $d_Z = 0{,}8$ g/cm^3 olan X, Y ve Z sıvıları ile tamamen doldurulmuştur.

1. kap bu durumda 800 g, 2. kap ise 380 g gelmektedir.

Buna göre 3. kap Z sıvısı ile dolu iken kaç gram gelir?

Çözüm

Kap kütlesine m, kap ve sıvı hacimlerine V dersek

$m + d \cdot V =$ toplam kütle

$m + 2 \cdot V = 800$ 1. kap için yazılacak toplam kütle değeridir.

$m + 0{,}6 \cdot V = 380$ 2. kap için yazılacak toplam kütle değeridir.

Bu değerlerin farkını alırsak

$1{,}4 \cdot V = 420$ ise $V = 300$ cm^3 bulunur.

Bu durumda kap kütlesi,

$m = 800 - 2V$

$m = 800 - 600 = 200$ g'dır.

Z sıvısının kütlesi,

$m_Z = d_Z \cdot V$

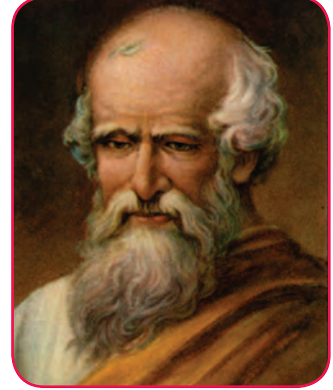
$m_Z = 0{,}8 \cdot 300 = 240$ g bulunur.

Toplam kütle $m + m_Z = 200 + 240 = 440$ g olur.

Özkütle bilgisinin tarihsel gelişimini incelemeye başladığımızda ilk karşımıza çıkan bilim insanları Archimedes (Arşimet) ve Abdurrahman el-Hazinî olmaktadır.

Archimedes

Archimedes (Görsel 2.6), MÖ 287-212 yılları arasında yaşamış fizik, matematik, astronomi ve felsefe ile ilgilenmiş bilim insanıdır. Arhimedes'in yaşadığı dönemde Siraküza Kralı Hieron bir kuyumcuya altın taç yaptırır. Ancak tacın yapısına gümüş karıştırıldığından şüphelenir. MÖ 200'lü yıllarda her maddenin cinsine özgü bir ağırlığı olduğu bilinse de kralın şüphesini giderecek bir işlem yapılamamaktadır. Çözüm Archimedes'ten istenir. Archimedes, suya daldırılan bir cismin hacminin taşırdığı su hacmi kadar olduğunu, tacın suya daldırılarak hacminin tespit edilebileceğini bulur. Bundan sonra tacın taşırdığı suyun hacmine eşit hacimde bir altın külçesinin ve tacın tartılarak kütlelerinin karşılaştırılması yapılır. Böylece tacın saf altından yapılıp yapılmadığı anlaşılabilecektir.



Görsel 2.6: Archimedes'in temsilî resmi

Archimedes bu olaydan sonra "Yüzen Cisimlere İlişkin" adlı kitabını yazdı. Archimedes yaptığı gözlemler ve deneyler sonunda, sıvı içerisine kısmen veya tamamen batan cisimlerin sıvı tarafından yukarı doğru itildiğini keşfetti. Sıvı içerisine batırılan cismin özkütlesi sıvının özkütlesinden küçükse cisim sıvı içerisinde yukarıya doğru hareket eder ve sıvıda yüzer. Sıvı içerisine bırakılan cismin özkütlesi sıvıdan büyükse cisim sıvıda batar.

Abdurrahman el-Hazinî

1100-1160 yılları arasında Türkistan'da yaşayan Abdurrahman el-Mansur el-Hazinî (Görsel 2.7) fizik, matematik ve felsefe alanlarında çalışmış bilim insanlarındandır.

el-Hazinî sıvı maddelerin özkütlesini hesaplama metodunu ve cisimlerin hava içerisindeki ağırlıklarını hesaplamak için "Hikmet Terazisi" denilen beş kefeli bir terazi geliştirdi. Bu terazi ile ağırlık ölçümlerini dolayısıyla özkütle hesaplamalarını gerçekleştirdi. Yaptığı yoğunluk ve ağırlık ölçümleri, günümüz teknolojisi kullanılarak yapılan ölçümlerden pek farklı değildir.

Görsel 2.7: Abdurrahman el-Hazinî'nin temsilî resmi

2.1.2. Günlük Hayatta Saf Maddelerin ve Karışımların Özkütlelerinden Faydalanılan Durumlar

Saf maddelerin ve karışımların özkütlelerinden günlük hayatta kuyumculukta, porselen ve ebru yapımında ve hastane laboratuvarlarında yararlanılmaktadır.

Kuyumculukta, altın kırıntıları ile yabancı maddeleri ayırmak için bu maddelerin özkütlelerinin farklı olmasından yararlanılır. Bir eğik yüzeyden bırakılan karışımda özkütlesi büyük olan altın kırıntıları yukarıda kalırken özkütlesi küçük olan parçacıklar eğik yüzeyin altına iner. Böylelikle karışımdan altın kırıntıları ayrılmış olur.

Porselen yapımcılığında, kaliteli porselen üretimi için kullanılan yöntemde doğrudan özkütle bilgisi yer alır. Porselen ham maddesi önce öğütülerek pudra hâline getirilir. Ham madde, pudra hâline getirilirken olabildiğince küçük parçalar elde edilmeye çalışılmalıdır. Bu durum, porselen üretimindeki katkıyı artıracaktır. Daha sonra Görsel 2.8 a ve b'deki gibi bu pudra kütlesinden porselen hamurları oluşturulur. Porselen hamuru sıkıştırılarak özkütlesi 2,5 g/cm^3 olan kütleler elde edilmeye çalışılır. Bu özkütle değeri en yüksek kalite porselenin üretiminde kullanılmaktadır. Parlatılmış porselen malzemelerin lekelenme direnci, bünyenin özkütle ve mikroyapı özellikleriyle kontrol edilebilmektedir. Pişmiş numunelerin özkütlelerini belirlemede Archimedes İlkesi kullanılmaktadır.

Görsel 2.8: a. Porselen yapımında kullanılan pudra b. Porselen hamuru

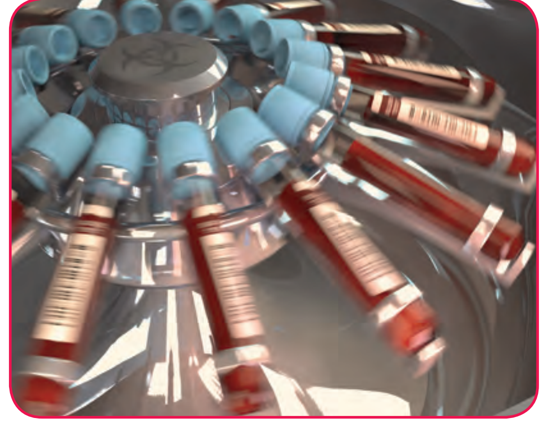
Ebru sanatında, boyaların su yüzeyinde kalması için hem teknedeki suyun hem de boyaların özkütle değerlerinin ayarlanması gerekir. Örneğin teknedeki suyun yoğunluğunun değiştirilmesi için suya kıvam artırıcı olarak sahlep, keten tohumu, kitre gibi malzemeler karıştırılır. Yine boyaların su yüzeyinde dairesel şekilde açılarak dibe batmasını önlemek için boyalara sığır özü adlı bir madde ilave edilir. Kısaca Görsel 2.9'daki gibi ebru sanatının gerçekleştirilmesinde su ve boya özkütlelerinin ayarlanması zorunludur.

Görsel 2.9: Ebru yapımı

Ebru sanatı dengenin sanatıdır. Sabır ve özveri ister. Ebru sanatı bu sanatla uğraşan kişilere sabırlı ve dengeli olmayı öğretir. Tekneyi ve boyaları hazırlamak büyük bir titizlik gerektirir. Ebru sanatçısı boyaları yüzeye serper fakat nasıl bir şekil alacağını asla tam olarak bilemez. Sadece tecrübesiyle tahminde bulunur. Yalnızca bu işte değil, her uğraşıda sabırlı olmaya, tahammül etmeye, sınırlarımızı genişletmeye çalışalım. Bu erdemleri kazandığımızda, hayatın her alanında karşımıza çıkan zorluklarla başa çıkabiliriz.

Hastane laboratuvarlarında, hastalardan alınan kan, idrar gibi sıvılar Görsel 2.10'daki gibi tüplere konularak santrifüj adı verilen cihazlara yerleştirilir. Bu cihaz, tüpleri çok hızlı döndürürken tüp içerisindeki farklı cins sıvılar dönmenin etkisiyle özkütle değerlerine göre ayrışırlar. Bu ayrışma sonucunda özkütlesi en büyük olan madde tüp dibinde, en küçük olan da en üstte bulunur.

Bu işlemde de vücut sıvılarının bileşenlerine ayrılması tamamen özkütle farklılıklarına dayalı gerçekleştirilmektedir.



Görsel 2.10: Hastane laboratuvarlarında kullanılan santrifüj cihazı

Süreci Değerlendirelim 2-1

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

kütle	ayırt edici	ebru	El Hazinî
ortak	hacim	atom	santrifüj
özkütle	madde	molekül	türetilmiş
sıcaklık	Archimedes		

1) Bir cismin hacmini dolduran madde miktarına .... denir.

2) Bir cismin boşlukta kapladığı yere .... denir.

3) Kütle ve hacim maddenin .... özelliğidir.

4) Özkütle aynı koşullarda maddenin .... özelliğidir.

5) Özkütle .... sanatı gerçekleştirilirken kullanılan bir büyüklüktür.

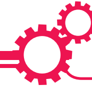
6) Hacim .... bir büyüklüktür.

7) Kütle .... değişimlerinden etkilenmez iken hacim etkilenir.

8) Kral tacının saf altından yapılıp yapılmadığını ortaya çıkaran fizikçi ....

9) Hikmet Terazisi denilen terazisi ile kütle ölçümü sonra da özkütle tespiti yapan bilim insanı ....

10) Hastane laboratuvarlarında .... cihazı ile özkütle değerlerine göre sıvıların ayrılması gerçekleştirilir.



2.2. DAYANIKLILIK

Görsel 2.11 a'daki karınca kendi ağırlığının elli katını kaldırabildiği hâlde Görsel 2.11 b'deki halterci kendi ağırlığının üç katını ancak kaldırabilmektedir.

Görsel 2.11: a. Bir karınca kendi ağırlığının elli katı fazla ağırlığı kaldırabilir. b. Millî haltercimiz Halil Mutlu (56 kg) silkmede 168 kg'lık dünya rekorunun sahibidir.

Peki karıncalar, korku filmlerinde gördüğümüz kadar kocaman olsaydı yine kendi ağırlığının birçok katı kadar yük taşıyabilir miydi? Kalın ayaklı köprüler ince ayaklı köprülere oranla daha dayanıklıdır. Tarihî yapıların günümüze kadar ulaşabilmesinin sırrı acaba ne olabilir (Görsel 2.12)?

Görsel 2.12: a. Mostar Köprüsü (Mostar/Bosna-Hersek) b. Ayasofya Müzesi (İstanbul)

2.2.1. Dayanıklılık Kavramı

Dayanıklılık katı cisimlerin kendilerine uygulanan kuvvete karşı (germe, sıkıştırma, basma gibi) özelliklerini kaybetmeden gösterdikleri dirençtir. Dayanma sınırından daha fazla kuvvete maruz kalan katı cisimlerde kopma, kırılma, eğilme, bükülme, deforme olma gibi sonuçlar ortaya çıkar. Örneğin bir keman teli gerilirken esneyerek boyu uzar. Ancak uygulanan kuvvet cisim için esneklik sınırını aşarsa tel kopar. Şekilde meydana gelen bu kalıcı değişim esneklik sınırının aşıldığının göstergesidir. Bu nedenle dayanıklılık; katı cismin üzerine uygulanan kuvvete esnekliği bozulmadan (kırılmadan, kopmadan, parçalanmadan) ne kadar dayanabileceğidir.

Cisimlerin dayanıklılığı tespit edilirken

Dayanıklılık $\alpha \dfrac{\text{Kesit alanı}}{\text{Kuvvet}}$ oranı göz önünde bulundurulur.

Cisimlerin kendi ağırlıklarına karşı gösterdikleri dayanıklılık ise

Dayanıklılık $\alpha \dfrac{\text{Kesit alanı}}{\text{Ağırlık}}$ olur.

Cisimlerin ağırlıkları için G = mg ve m = d · V değerleri bu oranda kullanıldığında

Dayanıklılık $\alpha \dfrac{\text{Kesit alanı}}{\text{mg}}$

Dayanıklılık $\alpha \dfrac{\text{Kesit alanı}}{\text{d} \cdot \text{V} \cdot \text{g}}$ olacaktır.

O hâlde dayanıklılık cismin

- Şekline ve boyutuna,
- Yapıldığı maddenin cinsine,
- Sıcaklığına,

bağlı olarak değişecektir.

Özkütlesi her yerinde aynı olan bir cisim için, aynı yerde yani yer çekimi ivmesinin (g) sabit tutulduğu durumda,

Dayanıklılık $\alpha \dfrac{\text{Kesit alanı}}{\text{Hacim}}$ olarak ifade edilebilir.

Yani kesit alanının hacme oranı dayanıklılık belirleyicisidir. Kesit alanı, bir cismi bir düzlem ile kestiğimizde cismin düzleme temas eden toplam alanına denir. Bir cismin birçok kesit alanı olabilir. Dayanıklılık konusunda ele alacağımız kesit alanı ise cisme etki eden kuvvet doğrultusuna dik olan en büyük kesit alanıdır. Bazı geometrik yapılı cisimlerin kesit alanları, hacimleri ve dayanıklılıklarının hesaplanması için gerekli bilgiler Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6: Küp, dikdörtgen prizma, silindir ve kürenin kesit alanı, hacmi ve dayanıklılığı

	Küp	Dikdörtgen Prizma	Silindir	Küre
Geometrik Cisimler	(a, a, a)	(a, b, c)	(h, r)	(r)
Kesit alanı	a^2	$a \cdot b$	$\pi \cdot r^2$	$\pi \cdot r^2$
Hacim	a^3	$a \cdot b \cdot c$	$\pi r^2 \cdot h$	$\frac{4}{3}\pi r^3$
Dayanıklılık	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{c}$	$\frac{1}{h}$	$\frac{3}{4r}$

Küp şeklindeki bir cisim üzerinden örnek verdiğimizde Tablo 2.7'deki gibi boyutların dayanıklılıkla ters orantılı olduğu görülmektedir.

Tablo 2.7: Küp şeklindeki bir cisimde boyut artışına bağlı dayanıklılık değişimi

	Kenar uzunluğu	Kesit alanı	Hacim	Dayanıklılık
(küp: a, a, a)	a	S	V	D
(küp: 2a, 2a, 2a)	2a	4S	8V	$\frac{D}{2}$

Cismin boyutlarındaki değişim ağırlığını da etkilemektedir. Ağırlık artışı hacim artışı olarak düşünülebilir. Tablo 2.7'de görüldüğü gibi bir küpün boyutları n katına çıktığında küpün kesit alanı n^2 katına, hacmi ise n^3 katına çıkmaktadır. Dolayısıyla küpün boyutları arttıkça $\frac{\text{Kesit alan}}{\text{Hacim}}$ oranı azalmaktadır.

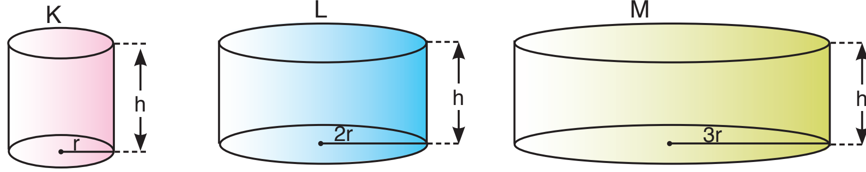
Örneğin aynı taban alana inşa edilecek dikdörtgenler prizması şeklindeki binalarda yükseklik arttıkça dayanıklılık azalacaktır. Bu nedenle Görsel 2.13'teki gibi gökdelenlerde bile belirli bir yüksekliğin aşılmaması gerekmektedir. Ayrıca binaların dayanıklılığında kesit alanı nedeni ile binaların taşıyıcı kolonları önem kazanır. Görsel 2.14'teki gibi kolonların kesit alanları ne kadar büyük ise dayanıklılık o oranda artar.

Görsel 2.13: Gökdelenler

Görsel 2.14: Bina dayanıklılığını sağlayan kolonlar

$\frac{\text{Kesit alan}}{\text{Hacim}}$ bir cismin dayanıklılığı ile orantılı olduğuna göre bu oranın boyutlar arttıkça küçülmesi demek, dayanıklılığın azalması demektir. Karıncalar eğer şu anki boyutlarından çok daha büyük olsalardı kendi ağırlıklarını bile taşıyamazlardı. Aynı şekilde bir deve, karınca boyutlarında bir varlık olsaydı kendi ağırlığından çok daha fazlasını taşıyabilirdi.

Örnek



Aynı maddeden yapılmış K, L ve M silindirlerinin yükseklikleri eşit olup taban yarıçapları sırasıyla r, 2r ve 3r'dir.

Buna göre K, L ve M silindirlerinin dayanıklılıkları D_K, D_L ve D_M arasındaki ilişki nedir?

Çözüm

$$D = \frac{\text{Kesit alan}}{\text{Hacim}},$$

Silindirik cisimlerde

$$D = \frac{\pi r^2}{\pi r^2 h}$$

$D = \frac{1}{h}$ olur.

K, L ve M silindirlerinin yükseklikleri eşit olduğuna göre $D_K = D_L = D_M$ dir.

Örnek

Aynı maddeden yapılmış X ve Y prizmalarının kenar uzunlukları a_X, a_Y , yükseklikleri h_X, h_Y ve taban alanları S_X ve S_Y dir.

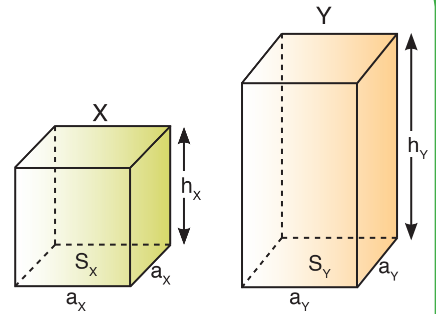
X ve Y cisimlerinin dayanıklılıkları D_X ve D_Y eşit olduğuna göre,

I. $S_X = S_Y$

II. $h_X = h_Y$

III. $a_X = a_Y$

yargılarından hangisi ya da hangileri kesinlikle doğrudur?



Çözüm

$$D = \frac{\text{Kesit alan}}{\text{Hacim}},$$

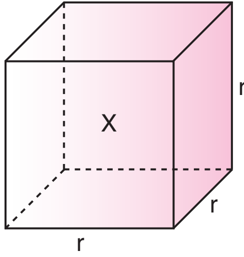
$D_X = \frac{\cancel{S_X}}{\cancel{S_X} h_X}$ $\qquad D_Y = \frac{\cancel{S_Y}}{\cancel{S_Y} h_Y}$ $\qquad S_X = a_X^2$ $\qquad S_Y = a_Y^2$ dir.

$D_X = D_Y$ verildiğine göre kesin olarak yalnızca $h_X = h_Y$ olduğu görülür.

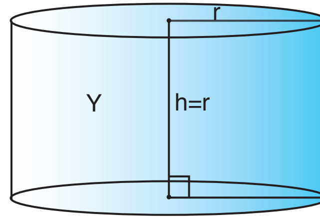
Taban alanları ve oturma yüzeyine ait kenar uzunlukları bağıntıda sadeleştirildiğinden dolayı karşılaştırılamaz.

Buna göre yalnız II. doğrudur.

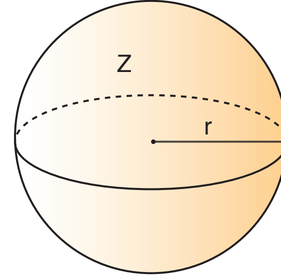
Örnek



Küp



Silindir



Küre

Aynı maddeden yapılmış şekildeki X küpü, Y silindiri ve Z küresinin D_X, D_Y ve D_Z dayanıklılıklarını karşılaştırınız?

Çözüm

X küpü için

$$\left.\begin{array}{l} A = r^2 \\ V = r^3 \end{array}\right\} \quad D_X \alpha \frac{A}{V} = \frac{\cancel{r^2}}{\cancel{r^3}} = \frac{1}{r} \text{ olur.}$$

Y silindiri için

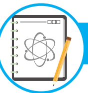
$$\left.\begin{array}{l} A = \pi r^2 \\ V = (\pi r^2) \cdot h = \pi r^3 \end{array}\right\} \quad D_Y \alpha \frac{A}{V} = \frac{\cancel{\pi r^2}}{\cancel{\pi r^3}} = \frac{1}{r} \text{ olur.}$$

$$\left.\begin{array}{l} A = \pi r^2 \\ V = \frac{4}{3}\pi r^3 \end{array}\right\} \quad D_Z \alpha \frac{A}{V} = \frac{\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{r} \text{ olur.}$$

O hâlde $D_X = D_Y > D_Z$ olacaktır.

Araştıralım

Birim kütlesine düşen yüzey alanı en küçük olan geometrik cisim hangisidir? Araştırınız ve bulduğunuz sonucu sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.



Alıştırma 2-4

Aynı maddeden yapılmış r_X ve r_Y yarıçaplı küresel cisimlerin dayanıklıkları D_X ve D_Y olup $\frac{D_X}{D_Y} = \frac{1}{8}$ dir. Buna göre bu kürelerin yarıçapları arasındaki $\frac{r_X}{r_Y}$ oranını bulunuz.

Süreci Değerlendirelim 2-2

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

kuvvet	sıcaklık	hacim – ağırlık
kare	dayanıklılık	yükseklik
uzunluk	kenar	özkütle

1) Katı cisimlerin kendilerine uygulanan kuvvete karşı gösterdikleri dirence .... denir.

2) Dayanıklılık maddede cins, boyut ve .... değerlerine bağlıdır.

3) Cisim boyutları kaç kat artarsa .... ve .... küpü oranında artar.

4) Küp şeklindeki cisimde kesit alan .... şeklindedir.

2.3. YAPIŞMA VE BİRBİRİNİ TUTMA

2.3.1. Yapışma (Adezyon) ve Birbirini Tutma (Kohezyon) Olayları

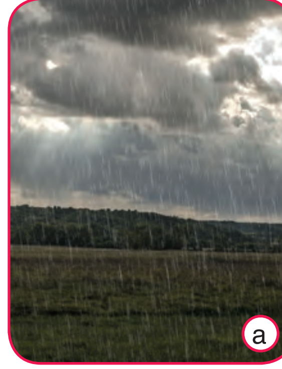
Yağmur yağmaya başladığında evimizin camına vuran yağmur damlalarından bazıları cama (Görsel 2.15) yapışmaya başlar. Görsel 2.16'da bir bitki yaprağında yağmur damlalarının bu şekilde durmasının sebebi ne olabilir? İşte su damlasının yağmurdan sonra bir bitki yaprağında ve evimizdeki camda bu şekilde durmasını sağlayan, farklı moleküller arasında oluşan çekim kuvvetidir. Bu olaya yapışma (**adezyon**) denir.

Görsel 2.15 : Yağmur damlaları yapışma (adezyon) etkisiyle camda asılı kalır.

Görsel 2.16: Adezyon etkisi ile bitki yaprağında asılı kalan su damlaları

Sıvıları oluşturan tanecikler bulundukları katı kabın yüzeyi ile birbirine çekim kuvveti uygular. Yapışma (adezyon), katı ve sıvı hâlde farklı cins iki maddenin molekülleri arasında oluşan bir çekim kuvvetidir.

Görsel 2.17 a'daki gibi yağmur damlalarının kilometrelerce yükseklikten tek parça olarak düşmesini sağlayan nedir? Görsel 2.17 b'deki gibi musluktan damlayan suyun damla şeklinde olmasını sağlayan nedir?



Görsel 2.17: a. Gökyüzünden düşen yağmur damlaları b. Musluktan damlayan su

Sıvıları meydana getiren tanecikler arasında, birbirine uyguladıkları çekim kuvvetleri vardır. Musluktan damlayan suyun şekli küreseldir. Bu şekil suyun en küçük yüzey alanı oluşturmasını sağlar. Bu durumun nedeni su molekülleri arasındaki çekim kuvvetidir. Bu çok güçlü çekim kuvveti suyun minimum yüzey alanına sahip olmasını sağlar ve yüzey geriliminden dolayı en küçük yüzey alanına sahip küre şeklinde su damlası elde edilir. Damlanın şeklinin oluşmasında birçok molekülün birbirine uyguladığı kuvvetler etkili olur. Su damlasında olduğu gibi bir sıvının aynı cins molekülleri arasındaki birbirini çekme kuvvetine birbirini tutma **(kohezyon)** denir. Bu kuvvet sayesinde yağmur damlacıkları gökyüzünden tek parça olarak düşer.

Örneğin bir yaprak üzerinde su biriktikçe damlanın ağırlığı artar. Su damlası kohezyon sayesinde bütünlüğünü bozmadan durur. Bu sırada damlanın ağırlığı, su damlası ile yaprak arasındaki adezyon tarafından dengelenir. Bir süre sonra yerçekimi kuvvetinin etkisiyle ağırlık adezyonu yener ve bu su damlası kohezyon etkisinde küresel bir şekilde yere doğru düşmeye başlar (Görsel 2.18).

Görsel 2.18: Yapraktan düşen su damlası

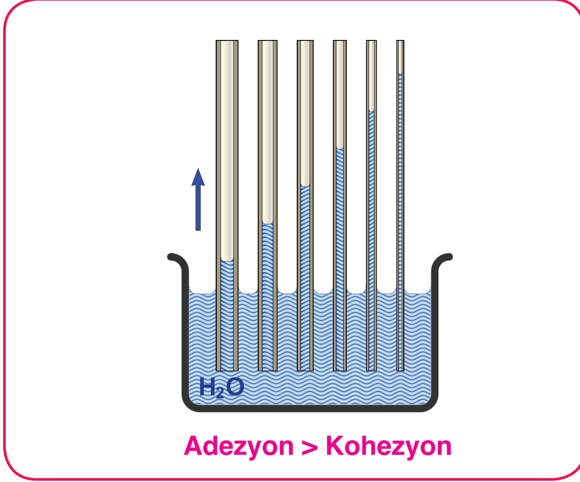
Görsel 2.19: Kohezyon ve adezyon kuvvetlerinin etkisiyle yaprakta su damlası birikmesi

Görsel 2.19'da yaprak üzerindeki su damlasında kohezyon kuvvetleri su damlasının küresel yapıda olmasına neden olurken, adezyon kuvvetleri de damlaların yaprağa yapışmasını sağlar.

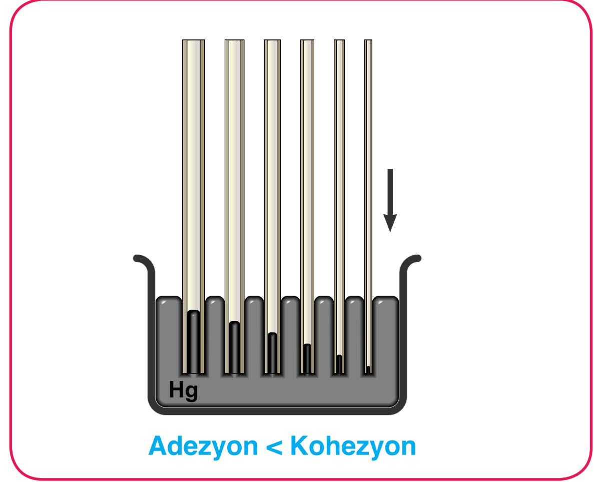
Bu duruma bir kap içerisindeki sıvıdan da örnek verilebilir. Kap içerisindeki sıvı moleküllerinin sıvı moleküllerine uyguladığı kohezyon kuvvetlerin yanı sıra kap moleküllerinin sıvı moleküllerine uyguladığı adezyon kuvvetleri de vardır. Bunlardan birinin diğerinden farklı büyüklükte olması sıvının kap içerisindeki şeklini belirler.

Eğer bir cam tüpte su bulunuyorsa su ile üzerindeki hava arasındaki ara yüzey içbükeydir (Görsel 2.20). Bunun nedeni, su molekülleri arasındaki kohezyonun, su molekülleri ile cam arasındaki adezyondan küçük olmasıdır. Su, camda mümkün olan en büyük alana yayılma eğilimindedir.

Aynı koşullarda cıvanın yüzey sınırı dışbükeydir (Görsel 2.21). Burada cıva atomları arasındaki kohezyon kuvvetleri, camla cıva arasındaki adezyon kuvvetlerinden daha kuvvetlidir. Bu nedenle cıva, camla bağlantısını azaltmak eğilimindedir.



Görsel 2.20: Suyun cam borulardaki konumu



Görsel 2.21: Cıvanın cam borulardaki konumu

Araştıralım

Suyun kohezyonu cıva gibi yüksek olsaydı ne olurdu? Araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınıza sununuz. Bunun için sınıfınızdaki etkileşimli tahtadan yararlanınız.

Teflonda kohezyon etkisi adezyondan büyük olduğu için su, teflonu ıslatmaz. Teflon maddesi farklı eşyaların üzerine kaplanarak teflonun su tutmaz özelliğinden yararlanılır. Islanmayan montlar ve şemsiyeler (Görsel 2.22) teflon kullanılarak yapılır. Mutfak malzemelerinden tava ve tencereler teflonla kaplanarak yemeklerin tava ve tencereye yapışması engellenir.

Görsel 2.22: Şemsiyeler teflonla kaplı olduğu için su geçirmez.

Suyun bir yüzeye yapışmasına **ıslanma** denir. Islanma olayının olabilmesi için adezyon kuvvetlerinin kohezyon kuvvetlerinden büyük olması gerekir ($F_{adezyon} > F_{kohezyon}$). Bitkilerde kökler vasıtasıyla

alınan suyun yapraklara iletimi ve kan dolaşımı buna örnektir. Bu olaylarda sıvılar yer çekimine ters olarak akar. Islanmama koşulu ise adezyon kuvvetlerin kohezyon kuvvetlerden küçük olmasıdır.

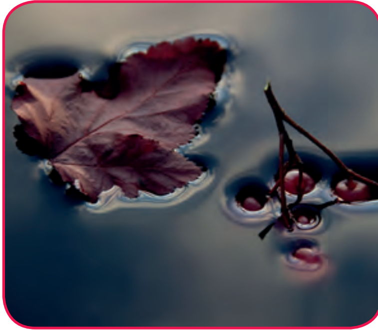
($F_{adezyon} < F_{kohezyon}$)

Araştıralım

Su, temiz bir cam yüzeyde yayıldığı hâlde, yüzey yağlandığında yayılmayıp damlacıklar hâlinde kalır. Bunun nedenini araştırınız.

Yüzey Gerilimi

Sıvılarda sıvı yüzeyinin bir zar tabakası varmış gibi düzgün olması sıvı moleküllerinin birbirini tutmasından yani kohezyon kuvvetlerinden kaynaklanır. Görsel 2.23'teki bir yaprağın su yüzeyinde kalabilmesi Görsel 2.24'teki gibi bazı böceklerin su yüzeyinde yürüyebilmesi yüzey geriliminin varlığına bağlıdır.

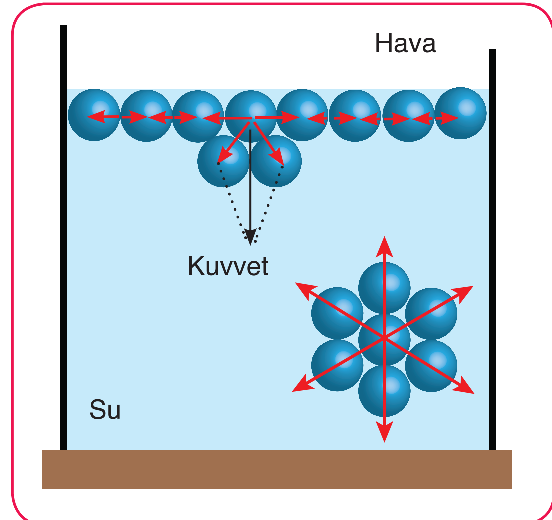


Görsel 2.23: Suya batmadan su yüzeyinde kalabilen yaprak

Görsel 2.24: a, b. Su yüzeyinde yürüyebilen böcekler

Yüzey gerilimi, yüzeydeki moleküllerin dengelenmemiş net bir kuvvetle içe doğru çekilmelerinin bir sonucudur. Sıvılarda maddenin iç kısmındaki bir molekül, komşu moleküller tarafından her yönden eşit bir kuvvetle çekilir (Görsel 2.25). Böylece iç kısımdaki bir moleküle etki eden bütün kuvvetler dengede olur ve moleküller arası mesafe sabit kalır. Fakat yüzeydeki bir moleküle sıvı içindeki moleküller tarafından uygulanan çekim kuvveti, yüzey üzerindeki gaz ortamın molekülleri tarafından dengelenemez. Bunun sonucunda yüzeydeki moleküllerle içerideki komşu moleküller arasındaki uzaklık azalır ve dengelenmemiş kuvvetlerden doğan bir enerji fazlalığı ortaya çıkar. Bu olaya **yüzey gerilmesi** adı verilir.

Suyun yüzey gerilimi, su molekülleri arasındaki güçlü hidrojen bağlarından dolayı diğer sıvılardan oldukça büyüktür.



Görsel 2.25: Yüzey gerilimi, yüzeydeki moleküllerle sıvı içindeki moleküller arasında oluşan kohezyon sonucudur.

Bazı sıvıların yüzey gerilim değerleri Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8: Bazı sıvıların yüzey gerilimleri

Sıvı	25 °C'taki Yüzey Gerilimi (N/m)
Su	$7,19 \cdot 10^{-4}$
Yağ	$2,92 \cdot 10^{-4}$
Cıva	$4,71 \cdot 10^{-4}$
Etil alkol	$2,40 \cdot 10^{-4}$

Bir sıvının yüzey alanını artırmak için gereken enerjiye ya da işe yüzey gerilimi denir. Yüzey gerilimi birimi, SI birim sisteminde J/m^2 ya da N/m'dir ve σ (sigma) ile gösterilir. Çeşitli katkı maddeleri ile sıvının veya katının özelliklerini değiştirerek kohezyon ve adezyon kuvvetlerinin büyüklüğü değiştirilebilir. Bir sıvının yüzey gerilimini azaltan maddelere yüzey etkin madde denir.

Yüzey Gerilimini Etkileyen Faktörler

Yüzey geriliminin yüzeydeki moleküllere etki eden kuvvetlerin toplamının, iç kısımdaki moleküllere etki eden kuvvetlerin toplamından farklı olmasından kaynaklandığını öğrendik. Su yüzeyinde duran bir iğneyi hiç dokunmadan suya batırmak için hangi özelliklerini değiştirmek gerekir? Sıvı yüzeyinde oluşan gerilimi değiştirmek nasıl mümkün olur? Deney 2-2'yi yaparak yüzey geriliminin nelere bağlı olduğunu inceleyelim.

Deney 2-2

Yüzey Gerilimi Nelerden Etkilenir?

Deneyin Uygulanışı

1. Sınıfınızda dörder kişilik gruplar oluşturunuz. Aranızda görev bölümü yapınız.

2. Aşağıdaki tabloyu defterinize çiziniz.

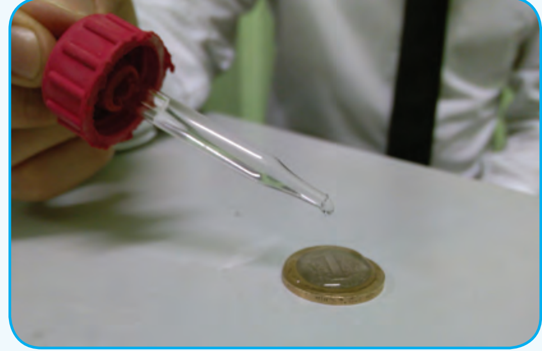
Kullanılan malzeme	Su	Tuzlu su	Sabunlu su	Sıcak su	Tuzlu sıcak su	Sabunlu sıcak su	Etil alkol
Damla sayısı							

3. Beherglası suyla doldurunuz ve damlalığa bir miktar su çekiniz.

4. Masa üstündeki metal paranın üstüne sayarak yavaş yavaş su damlatınız. Para üstündeki su damlası masaya akıncaya kadar bu işleme devam ediniz. En son damla hariç kaç damla damlattığınızı defterinize not ediniz.

Araç ve Gereçler
- Metal para
- Damlalık
- Sofra tuzu
- Sıvı sabun
- Su
- Beherglas (100 mL, 2 adet)
- Çay kaşığı
- Kurulama bezi
- Sıcak su (90 -100 °C)
- Etil alkol

5. Bu deneyi birkaç kez tekrarlayınız. Elde ettiğiniz damla sayısının ortalamasını tabloya kaydediniz. Her seferinde deneye başlamadan önce parayı çok iyi bir şekilde kurulayınız.



6. Su dolu beherglasa bir çay kaşığı yemek tuzu koyarak karıştırınız. Yukarıda yaptığınız işlemlerin aynısını tuzlu su ile yapıp elde ettiğiniz damla sayısını tabloya yazınız.

7. İkinci beherglası su ile doldurduktan sonra içine bu sefer bir damla sıvı sabun damlatıp köpürtmeden karıştırınız. Deneyin 4 ve 5. adımlarını tekrarlayarak damla sayısını tablodaki ilgili bölüme yazınız.

8. Aynı etkinliği sıcak su, tuzlu sıcak su, sabunlu sıcak su ve etil alkol ile tekrarlayınız. Her seferinde kullandığınız damla sayısını tabloya kaydediniz.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Bir miktar sıvının para üzerinde durabilmesinin sebebi nedir?

2. Damla sayısının kullanılan sıvılara göre farklılık göstermesinin sebebi ne olabilir?

3. Maddenin cinsi ile yüzey gerilimi arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.

4. Sıcaklığın sıvıların yüzey gerilimleri üzerinde nasıl bir etkisi vardır? Açıklayınız

Para üzerine damlatılan sıvılar, miktarları belirli bir noktaya gelinceye kadar para üzerinde durabilmektedir. Deneyde gözlemlediğiniz gibi para üstündeki sıvı yüzey alanını minimum hâle getirmek için küresel bir yapı kazanmaktadır. Belirli bir andan sonra eklenen son damla, para üstündeki sıvının yüzey geriliminin yenilmesine neden olmakta ve sıvının küreselliği bozularak masa üstüne akmaktadır.

Akmadan para üstünde durabilen damla sayısı ne kadar çoksa sıvının yüzey gerilimi o kadar büyüktür. Deneydeki damla sayılarını değerlendirdiğimizde yüzey geriliminin, maddenin cinsi ile birlikte sıcaklığına ve içindeki çözünmüş madde miktarına bağlı olduğu sonucuna ulaşırız. Sıcaklığın artması yüzey gerilimini düşürürken suya karıştırılan maddelerin yüzey gerilimi üzerindeki etkileri farklı olmaktadır. Tuzlu su, yüzey gerilimini artırıcı bir etki oluştururken deterjanlı ve sabunlu sular yüzey gerilimini azaltıcı bir etki oluşturmaktadır.

Su, yüzey gerilimi büyük olan bir maddedir. Bu nedenle adezyon kuvvetiyle yüzeye yapışan kirlerin bulunduğu yüzeylerin gözeneklerine suyun girmesi güçtür. Suya sabun veya deterjan konularak suyun yüzey gerilimi azaltılır. Su, bu sayede kirli yüzeylerdeki gözeneklere kadar ulaşır. Su ile taşınan sabun veya deterjan, kirlerin yüzey gerilimini azaltarak yapıştıkları yüzeyden kopmalarını sağlar. Suya karışan kir, su ile birlikte dışarı atılır.

Suyun yüzey gerilimi diğer yaygın sıvılarınkinden daha yüksektir. Saf su, sabun eklenmiş sudan daha fazla yüzey gerilimine sahiptir. Aynı durum yağ katılmış su için de geçerlidir. Yağ, soğuk sudan daha az

bir yüzey gerilime sahiptir. Bu nedenle yağ, tüm su yüzeyinde ince bir tabaka şeklinde yayılır. Sıcak su da soğuk sudan daha az bir yüzey gerilimine sahiptir. Çünkü sıcak suda moleküller daha hızlı hareket eder ve hızlı hareket eden moleküllerde kohezyon etkisi daha zayıftır. Akışkanların yüzey gerilimlerinden teknolojide de yararlanılmaktadır.

Görsel 2.26: Lotus çiçeği yapraklarında suyun yapışma etkisi oluşmuyor.

Nanoteknoloji uygulamalarında ıslanmayan kumaş veya kirlenmeyen kumaş üretiminde Lotus çiçeğinin (Görsel 2.26) ıslanmayan yapısı ilham kaynağı olmuştur. Günlük yaşantıda kullandığımız deterjanlar, kirli suyun adezyon etkisini azaltarak kirlerin kumaşa yapışmasını engellemektedir.

Etkinlik

Tuz, şeker, sabun, gliserin ve yağ suyun yüzey gerilimini artıran veya azaltan faktörlerden hangisine girer? Aşağıdaki tabloda işaretleyiniz.

Madde	Yüzey gerilimini artırır.	Yüzey gerilimini azaltır.
Tuz		
Şeker		
Sabun		
Gliserin		
Yağ		

Kılcallık

Yer çekimi, tüm varlıkları yerin merkezine doğru çekmektedir. Yukarı doğru düşen bir cismi fiziksel Dünya'da görmek mümkün değildir. Bir şelalede suyun aşağıya doğru akışını seyretmek hepimize keyif verebilir. Suyun suni bir etki olmadan yer çekimini yenerek yukarı doğru aktığı durumlar olabilir mi?

Kohezyon ve adezyon kuvvetleri, bir sıvının bulunduğu ortamdaki davranışını belirler. Sıvının kohezyonu, bulunduğu kabın uyguladığı adezyon kuvvetinden büyükse sıvı, bulunduğu kabın çeperlerine yapışmaz yani kabı ıslatmaz. Bu duruma en iyi örnek cıvadır. Kohezyonu çok yüksek olan cıva, bir cam kaba konulduğunda camın çeperlerine yapışmaz. İnce bir boru içerisindeki cıva sütununa etki eden bileşke kuvvet ise aşağı doğrudur.

Bir cam kaba konulan suyun kohezyon kuvveti kabın uyguladığı adezyon kuvvetinden küçük kalır. Böylece su, cama yapışır ve camı ıslatır. İnce bir boru içerisindeki suyun boru çeperleri tarafından çekilerek adezyon kuvvetinin sıvı ağırlığı ile dengelendiği noktaya kadar yükselmesi olayına **kılcallık (kapilarite) etkisi** denir.

Kılcallık ya da "kapiler olay" bir maddenin başka bir maddeyi kendine çekmesi olayıdır. Kılcallık etkisi katı ve sıvı olmak üzere iki farklı malzeme içerisindeki moleküller arası etkileşimin kısacası çekimin sonucunda gerçekleşir. Bunun için sıvı ile başka bir maddenin molekülleri arasındaki çekimin sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha kuvvetli olması gerekir. Bu etki sıvının dik bir yüzeye dokunduğu kısımda sıvı yüzeyinin içbükey bir eğri almasına sebep olur.

Kılcallığı gözlemlemek için en çok kullanılan deney düzeneği kılcal borulardır. Cam bir borunun dikey vaziyette su gibi bir sıvının içine batırılması sonucunda içbükey bir eğri oluşur. Yüzey gerilimi, sıvı sütununu yer çekimi ile moleküller arası kuvvetler dengeye gelene kadar yukarı çeker.

Bazı madde çiftlerinde, mesela cam ve cıva ikilisinde, sıvı atomları arasındaki kuvvetler, sıvı ile katı arasındaki çekim kuvvetinden büyüktür. Bu yüzden sıvı yüzeyinde dışbükey bir eğri oluşur ve sıvı cam boruda yükselmez, alçalır.

Bir sıvı içine daldırılan ince cam borularda sıvıların bazen yükseldiğini bazen de alçaldığını görmüşüzdür. Bu olay daha önce öğrendiğimiz adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin etkisi sonucu gerçekleşir. Adezyon kuvveti kohezyon kuvvetinden büyük ise kılcal borudaki sıvı seviyesi yükselir. Kohezyon kuvveti adezyon kuvvetinden büyük ise kılcal boruda sıvı seviyesi alçalır. Kılcal borularda bir sıvının ne kadar yükseleceği ya da alçalacağı, sıvının yüzey gerilimi katsayısı ile doğru; sıvının özkütlesi, kılcal borunun kesit alanı ve yer çekimi ivmesi ile ters orantılıdır.

Araştıralım – Tartışalım

Suyun yüzey geriliminin diğer sıvıların hemen hemen hepsinden daha yüksek olmasının biyolojik etkilerini tartışınız.

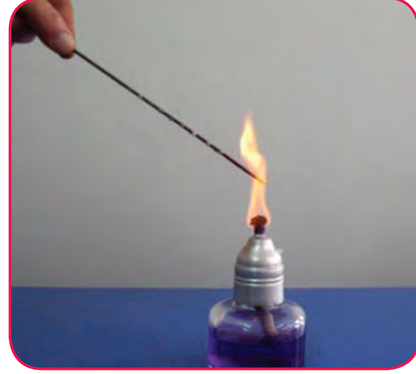
Kılcallık olayı doğada en iyi şekilde bitkilerde gözlemlenir. Diğer canlılar gibi ağaçların da suya ihtiyacı vardır. Ağaçlar su ihtiyacını kökleri yardımıyla topraktan sağlamaktadır. Ancak ağaçların dallarına ve yapraklarına kadar suyun iletilmesi gerekmektedir. Kökler vasıtasıyla topraktan alınan su, kılcallık özelliği sayesinde ağaçların çok ince taşıma borularında en yüksekteki yaprağa kadar yükselir (Görsel 2.27).

Görsel 2.27: Topraktaki suyun ağaçların veya diğer bitkilerin köklerinden en yukarıdaki yapraklara kadar çıkması kılcallık ile gerçekleşir.

Kılcallık olayı günlük hayatta farklı örneklerde karşımıza çıkmaktadır. Bir ucu çaya ya da kahveye batırılan kesme şekerin üst kısımlarına kadar

ıslanması (Görsel 2.28), peçetenin uç kısmı ıslandığında ıslaklığın diğer kısımlara ilerlemesi, suya girince ıslanan pantolon paçalarından suyun yukarı doğru çıkması, ispirto ocağının fitili ispirtoya temas ettiği sürece ocağın yanması (Görsel 2.29), sportif kıyafetlerin kumaşlarının teri emmesi, gözyaşı kanallarından göze yaş gelmesi kılcallığa örnek olarak sayılabilir.

Görsel 2.28: Kahve, bir ucu batırılan şekeri tamamen ıslatır.



Görsel 2.29: İspirto ocağı, fitilde ispirto yükseldiği sürece yanar.

Araştıralım – Tartışalım

Adezyon ve kohezyon olaylarının canlıların hayatında önemli bir yeri vardır. Örneğin bitkilerin topraktan suyu yapraklarına ulaştırması bu olaylar sayesinde olmaktadır. Fakat adezyon ve kohezyon zaman zaman problem olabilecek durumlara da neden olabilmektedir. Örneğin binalarda çatlayan bir tesisattan sızan su, kılcallık olayı nedeniyle betonun içinde yayılıp binaya zarar verebilmektedir. Siz de arkadaşlarınızla adezyon ve kohezyon olaylarının olumlu ve olumsuz yönlerini araştırarak sınıfta tartışınız.

Süreci Değerlendirelim 2-3

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

kılcallık	elektriksel	artar
ıslatma	adezyon	azalır
kohezyon	düşer	yüzey gerilimi

1) Aynı madde moleküllerinin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlere .... denir.

2) Farklı madde moleküllerinin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlere .... denir.

3) Adezyon ve kohezyon çekim kuvvetleri ile .... kuvvetlerden dolayı oluşur.

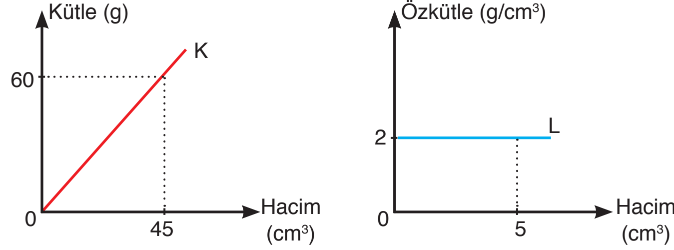
4) Sıvının özkütlesi arttıkça yüzey gerilimi ....

5) Suyun ağaç köklerinden dallara yükselmesi .... olayıdır.

2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

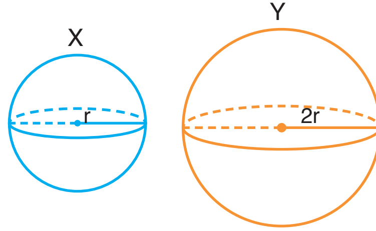
A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1)



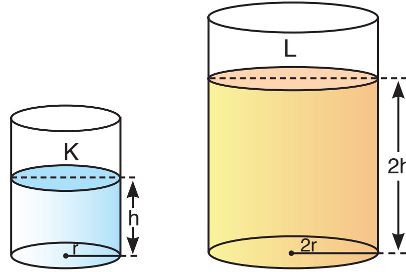
Şekilde aynı koşullardaki K ve L sıvılarının kütle-hacim ve özkütle-hacim grafikleri verilmiştir. Buna göre sıvıların 50 cm^3lük hacimlerinin kütleleri $\left(\frac{m_K}{m_L}\right)$ oranını bulunuz.

2)



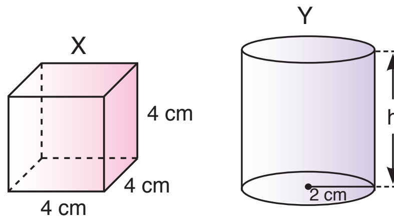
Şekildeki r ve 2r yarıçaplı küresel ve homojen X, Y cisimlerinin kütleleri sırasıyla m ve 2m'dir. Buna göre bu kürelerin yapıldığı katı maddelerin özkütleleri arasındaki oran $\left(\frac{d_X}{d_Y}\right)$ kaçtır?

3)



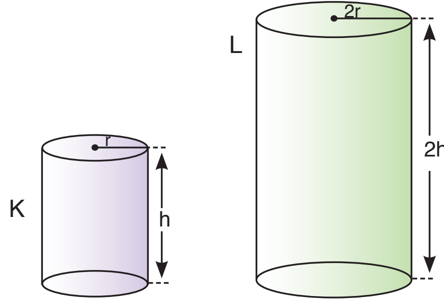
Şekildeki r ve 2r yarıçaplı silindirlerde h ve 2h yüksekliğinde eşit kütleli K ve L sıvıları bulunmaktadır. K sıvısının özkütlesi 2 g/cm^3 olduğuna göre L sıvısının özkütlesi kaç g/cm^3tür?

4)



Şekildeki 4 cm kenar uzunluklu X küpü ile 2 cm yarıçaplı h yükseklikli Y silindiri aynı maddeden yapılmışlardır. X ve Y cisimlerinin dayanıklılıkları eşit olduğuna göre h kaç cm'dir? (π = 3 alınız.)

5)



Şekildeki gibi aynı maddeden yapılmış, yarıçapları r ve 2r olan K ve L silindirlerinin yükseklikleri h ve 2h'dir.

K ve L silindirlerinin dayanıklılıkları D_K ve D_L olduğuna göre $\frac{D_K}{D_L}$ oranını bulunuz.

6) Aşağıdaki paragraftan yola çıkarak verilen soruları yanıtlayınız.

Aynı cins madde moleküllerinin birbirine uyguladığı çekme kuvvetlerine kohezyon, farklı cins madde moleküllerinin birbirine uyguladığı çekme kuvvetine adezyon kuvvetleri denir. Sıvılarda yüzey gerilimi, ıslatma özelliği ve kılcallık bu kuvvetlere bağlı açıklanır.

Buna göre

a) Cıva damlacıklarının bir araya gelme eğilimleri hangi kuvvetlerin etkisi ile açıklanır?

b) Suyun yüzeyleri ıslatma özelliği ile cıvanın yüzeyleri ıslatma özelliğini karşılaştırınız. Buna göre hangi sıvıda hangi kuvvetler daha güçlü olmalıdır?

c) Yüzey gerilimini sağlayan hangi kuvvetlerdir?

ç) Yüzey gerilimini azaltmak için neler yapılabilir?

d) Ağaç kökünden dallara suyun yükselmesinde adezyon ve kohezyon kuvvetlerinden hangisinin daha büyük olması gerekmektedir?

B. Aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) ( ) Kütle maddenin ayırt edici özelliğidir.

2) ( ) Madde atomlardan oluşan kütlesi, hacmi ve eylemsizliği olan her şeydir.

3) ( ) Madde katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç hâlde bulunur.

4) ( ) Madde için erime ve kaynama sıcaklığı ortak özelliktir.

5) ( ) Kütle hâl değişimlerinden etkilenmez.

6) ( ) 1 ton 10^{-3} kg'dır.

7) ( ) Hacim maddenin ortak özelliklerindendir.

8) ( ) Özkütle aynı koşullarda maddeler için ayırt edici özelliktir.

9) ( ) Dayanıklılık katı maddenin sıcaklığına bağlı değildir.

10) ( ) Yağmur damlacıklarının cama yapışması adezyon kuvvetleri nedeniyledir.

C. Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

kare	doğru	azalır	özkütle
küçük	ters	silindir	enerji
kütle	madde	küp	artar
skaler	büyük	kilogram	kohezyon

1) Kütlesi, hacmi ve eylemsizliği olan her şeye .... denir.

2) Evrendeki kütle ve .... toplamı sabittir.

3) Kütle temel ve .... büyüklüktür.

4) 1 miligram 10^{-6} ....

5) Eni, boyu ve yüksekliği eşit cisimler .... şeklindedir.

6) Aynı koşullarda .... değeri farklı cisimler kesinlikle farklı maddelerden yapılmışlardır.

7) Dayanıklılık katı cismin ağırlığı ile .... orantılıdır.

8) Bir kap içerisindeki su yüzeyinin gerilimini .... kuvvetleri sağlar.

9) Sıvıların ıslatma özelliğinin artması için adezyon kuvvetlerinin kohezyon kuvvetlerinden .... olması gerekir.

10) Su dolu bir kaba batırılan boruda kesit alan azaldıkça sıvı seviyesi ....

Ç. Aşağıda tablonun sol tarafında verilen kavram ve olayları sağ tarafındaki verilerle eşleştirip ilk örnekteki gibi yanındaki ayraç içerisine numarasını yazınız.

1. Yüzey gerilimi	a) Biberon, şırınga, ilaç ölçeği **(8)**
2. Kılcallık	b) Kütle, hacim, eylemsizlik (....)
3. Dayanıklılık	c) Ortak özellikler (....)
4. Özkütle	ç) Boyut, ağırlık (....)
5. Kütle, hacim	d) Adezyon-kohezyon kuvvetleri (....)
6. Adezyon, Kohezyon	e) Ayırt edici özellik (....)
7. Madde	f) Kütle çekim kuvveti, elektriksel kuvvetler (....)
8. Hacim ölçer	g) Kohezyon kuvvetler (....)

D. Aşağıda verilen çoktan seçmeli soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz

1)

I. Eylemsizlik

II. Hacim

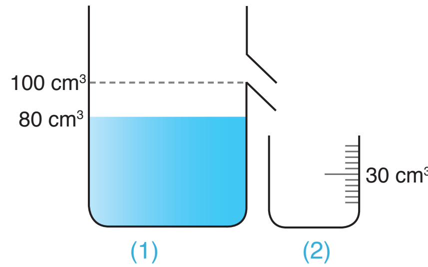
III. Kütle

IV. Kristal yapı

Yukarıda verilenlerden hangisi ya da hangileri maddenin ortak özelliklerindendir?

A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III E) I, III ve IV

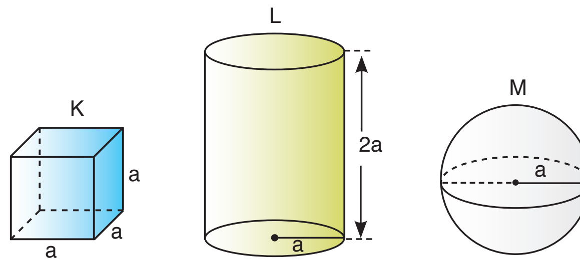
2)



Bir K cismi taşma seviyesi 100 cm³, içerisindeki sıvı seviyesi 80 cm³ olan şekildeki 1. kaba yavaşça bırakılıyor. Bu durumda boş 2. kaba taşan sıvı seviyesi 30 cm³ çizgisinde bulunduğuna göre K cisminin hacmi kaç cm³tür?

A) 20 B) 30 C) 40 D) 50 E) 60

3)



Boyutları a uzunlukta olan K küpünün, taban yarıçapı ve yüksekliği sırasıyla a ve 2a olan L silindirinin ve yarıçapı a olan M küresinin hacimleri V_K, V_L ve V_M dir.

Buna göre V_K, V_L ve V_M arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

A) $V_K > V_L > V_M$

B) $V_K > V_M > V_L$

C) $V_L > V_M > V_K$

D) $V_L > V_K > V_M$

E) $V_M > V_L > V_K$

4)

I. g/cm³

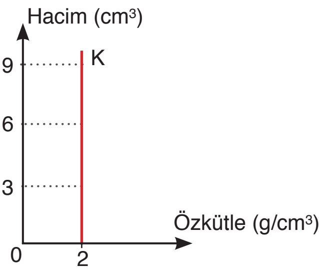
II. g/L

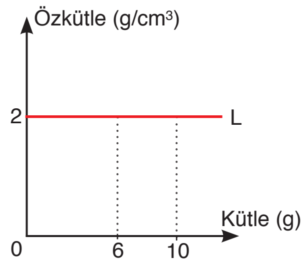
III. kg/m²

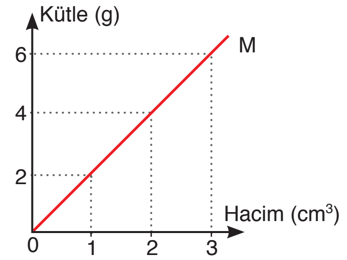
Yukarıda verilenlerden hangileri özkütle birimi olarak kullanılır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) II ve III D) I ve II E) I, II ve III

5)







Yukarıda K sıvısı için hacim-özkütle, L sıvısı için özkütle-kütle, M sıvısı için kütle-hacim grafikleri verilmiştir.

Sıcaklıkları aynı olan bu sıvılar için aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) K, L ve M aynı cins sıvılar olabilir.

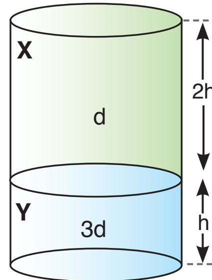
B) K ile L aynı, M kesinlikle farklı cins sıvıdır.

C) M ile L aynı, K kesinlikle farklı cins sıvıdır.

D) K ile M aynı, L kesinlikle farklı cins sıvıdır.

E) Üçü de farklı sıvıdır.

6)

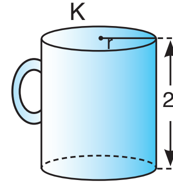


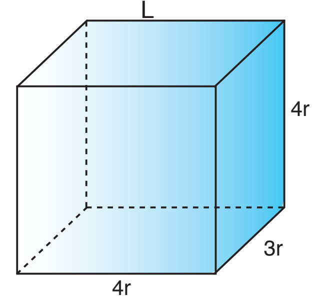
Şekildeki silindirik kapta birbirine karışmayan d ve 3d özkütleli X, Y sıvıları bulunmaktadır. X sıvısının yüksekliği 2h, Y sıvısının yüksekliği h olduğuna göre kaptaki sıvıların kütleleri oranı $\frac{m_X}{m_Y}$ kaçtır?

A) $\frac{1}{3}$ B) $\frac{2}{3}$ C) $\frac{3}{2}$ D) 2 E) 3

7) Şekildeki r yarıçaplı, 2r yükseklikli silindirik K kabı ağzına kadar su ile doldurularak 4r, 3r ve 4r boyutlu boş L prizmasına dökülüyor.

Buna göre bu işlem kaç kez tekrarlandığında L kabı tamamen dolar? $(\pi = 3)$





A) 3 B) 4 C) 5 D) 6 E) 8

8)

I. Ebru sanatı

II. Kuyumculuk

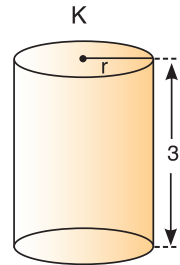
III. Porselen yapımcılığı

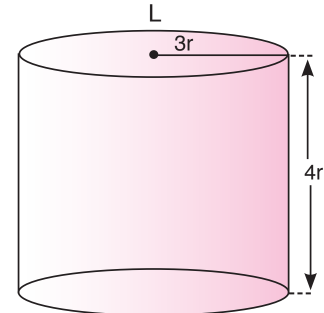
Yukarıda verilenlerin hangileri saf maddelerle karışımların özkütlelerinden faydalanılarak yapılan işlemlerin kullanıldığı alanlar içerisinde yer alır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

9) Şekildeki aynı maddeden yapılmış silindirik K ve L cisimlerinin yarıçapları sırasıyla r ve 3r, yükseklikleri 3r ve 4r'dir.

Buna göre cisimlerin dayanıklılıkları oranı $\frac{D_K}{D_L}$ kaçtır?





A) $\frac{1}{9}$ B) $\frac{4}{3}$ C) $\frac{4}{9}$ D) $\frac{9}{4}$ E) $\frac{16}{9}$

10) X, Y, Z cam kürelerinin yarıçapları sırasıyla r, 2r ve 3r'dir.

Bu kürelerin dayanıklılıklarının büyükten küçüğe doğru sıralaması aşağıdakilerden hangisidir?

A) X, Y, Z B) Y, X, Z C) Z, Y, X D) Z, X, Y E) Y, Z, X

11)

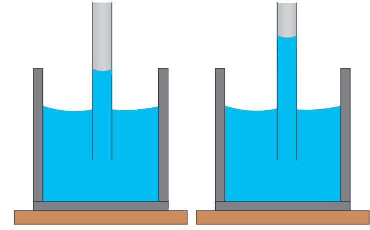
I. Su damlasının yaprağa yapışması

II. Çay bardağının tabağa yapışması

III. Su üstünde örümceğin durması

Yukarıdaki olaylardan hangisi ya da hangilerinin sebebi adezyon etkisidir?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III



12) Şekildeki gibi cam borulardaki sıvı seviyelerinin farklı olmasının sebebi aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri olabilir?

I. Sıvıların farklı cins olması

II. Cam boruların kesitlerinin farklı olması

III. Kap içerisindeki sıvı miktarlarının farklı olması

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

13)

I. Sıcaklık arttıkça yüzey gerilimi azalır.

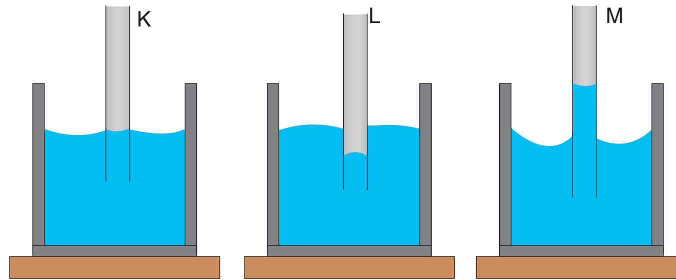
II. Adezyon kuvvetler, kohezyon kuvvetlerden daha büyük ise sıvıların ıslatma özelliği artar.

III. Adezyon kuvvetler kohezyondan daha küçük ise sıvıya daldırılacak kılcal borudaki sıvı seviyesi kaptaki sıvı seviyesinden düşüktür.

Sıvılarla ilgili yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

14)



Yarıçapları aynı cam borular K, L, M sıvılarına batırılıyor. Sıvıların borulardaki yükseklikleri şekildeki gibi olduğuna göre sıvılardan hangisi ya da hangileri cam boruyu en fazla ıslatır?

A) Yalnız K B) Yalnız L C) Yalnız M D) K ve M E) L ve M

3. ÜNİTE

HAREKET VE KUVVET

KONULAR

- HAREKET
- KUVVET
- NEWTON'IN HAREKET YASALARI
- SÜRTÜNME KUVVETİ

Öğrenilecek Bilimsel Kavram ve Terimler

- Referans noktası
- Konum
- Alınan yol
- Yer değiştirme
- Sürat
- Hız
- Anlık hız
- Ortalama hız
- İvme
- Kuvvet
- Sürtünme kuvveti
- Eylemsizlik
- Etki-tepki kuvvetleri
- Öteleme hereketi
- Dönme hareketi
- Titreşim hareketi
- Kütle çekim kuvveti
- Dengelenmiş kuvvet
- Dengelenmemiş kuvvet
- Net kuvvet
- Yer çekimi ivmesi
- Ağırlık

Ünite İçin Ön Hazırlık Soruları

- Evrende hareketsiz olarak tanımlayabileceğiniz bir sistem veya parçacık var mı? Hareketsiz dediğiniz sistem veya parçacıklar kime ve nereye göre hareketsizlerdir?
- Gözlemlediğiniz hareket türleri nelerdir? Bir otomobilin, lunaparktaki bir dönme dolabın veya üzerine kuvvet uygulanan bir gitar telinin hareketini nasıl sınıflandırırsınız?
- Alınan yol ile yer değiştirme arasındaki farklar nelerdir? Harekete başladığı yere geri dönen cisimler için yol aldığından mı, yer değiştirdiğinden mi söz edilir? Araştırınız.
- Yatay bir zeminde hız verip attığınız cisimler yol boyunca siz kuvvet uygulamadığınız halde neden yavaşlar?

3.1. HAREKET

Evrende en küçük âlemden en büyük âleme kadar her şey hareket etmektedir. Elektronlar atom çekirdeği etrafında dönerken gezegenler yıldızlar etrafında dönmektedir. Fizik, varlıkların hareketinin incelenmesine önem verir. Bu nedenle fiziğin alt dalı olan mekanik, hareketi inceler. Mekanik; statik, kinematik ve dinamik olarak üç bölüme ayrılır. Dinamik, hareketi oluşturan nedenleri ve aralarındaki sebep sonuç ilişkisini araştırır. Kinematik ise hareketi oluşturan nedenleri ihmal ederek hareketin nasıl gerçekleştiğini araştırır. Buna göre kinematik; konum, yer değiştirme, hız ve ivme kavramları üzerinde çalışır.

3.1.1. Hareket Çeşitleri

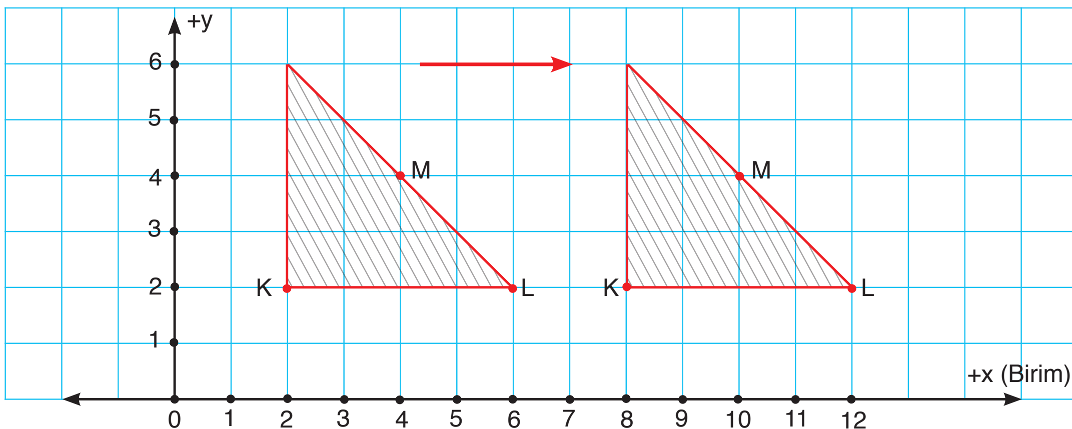
Cisimlerin hareketi üç farklı grupta toplanır. Bunlar öteleme, dönme ve titreşim hareketidir.

Öteleme Hareketi

Görsel 3.1'deki gibi evden okula giden çocuklar, bir şehirden diğerine uçmakta olan uçak, bir semtten diğerine giden otobüs öteleme hareketi yapmaktadır. Öteleme hareketi, nesnelerin bir yerden başka bir yere belirli bir doğrultu ve yönde yaptığı ilerleme veya kayma hareketidir.

Görsel 3.1: Öteleme hareketi yapan hareketliler

Öteleme hareketinde bir doğru veya düzlemde ilerleme gerçekleşirken nesnelerin üzerindeki noktalar eşit miktarda ilerleme yapar. Öteleme hareketinde hareketli cismin şekli, duruşu, biçimi ve boyutları aynı kalır. Bu durumu Şekil 3.1'deki üçgen biçimli cisim üzerinde açıklayalım. Cismin K ucu 6 birim sağa doğru ötelenmiş ise cisim üzerindeki tüm noktalar örneğin M ve L noktaları da sağa doğru 6 birim ötelenmiş olur.



Şekil 3.1: Öteleme hareketi yapan cisimde tüm noktalar eşit miktarda ilerleme gerçekleştirir.

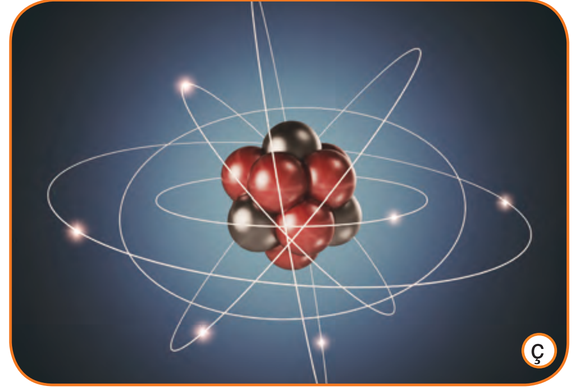
Bilgi İletişim Teknolojisi

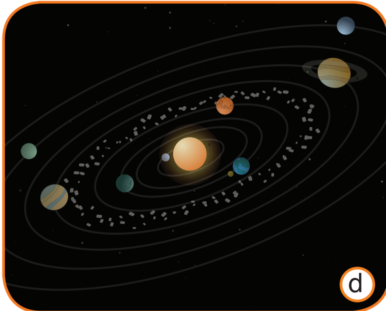
Öteleme hareketini gözlemlemek için aşağıdaki Genel Ağ adresini ziyaret ediniz.

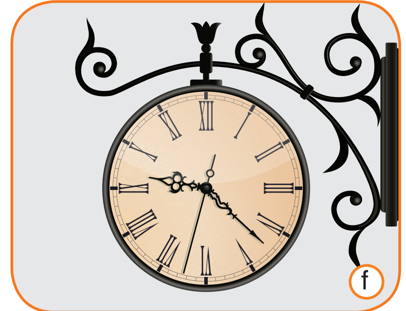
https://goo.gl/aFRStn

Dönme Hareketi

Görsel 3.2 a, b, c, ç, d, e ve f'de verilen lunaparktaki dönme dolap, dönen salıncak ve oyuncak silindirlerin, atomun yapısında bulunan elektronların, Güneş sistemindeki bir gezegenin, çamaşır makinesi kazanının, mekanik bir saatte akrep, yelkovan ve saniye göstergesinin yaptığı hareketler dönme hareketidir.

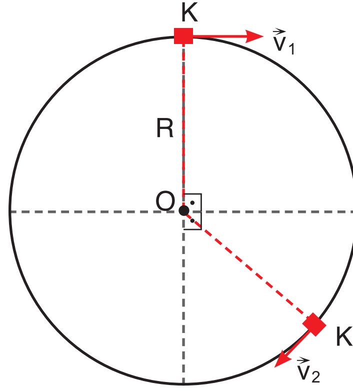






Görsel 3.2: a. Dönme dolap b. Dönen salıncak c. Oyuncak silindir ç. Atom d. Güneş sistemi e. Çamaşır makinesi f. Mekanik saat.

Dönme hareketi yapan cisimlerin hareketleri Şekil 3.2'deki gibi bir merkez etrafında gerçekleşir.



Şekil 3.2: O noktası etrafında dönen K cisminin yörüngesi

Dönen cisimlerin zaman içinde yeri değişse de hareket ettiği yörüngenin merkezine uzaklığı değişmez.

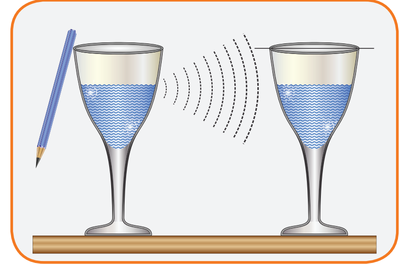
Bilgi İletişim Teknolojisi

Dönme hareketini gözlemlemek için aşağıdaki Genel Ağ adresini ziyaret ediniz.

https://goo.gl/DNVaEz

Titreşim Hareketi

Titreşim hareketi bir denge noktası etrafında gerçekleştirilen mekanik salınım hareketine denir. Cisim denge konumundan uzaklaştırıldığında geri dönme eğilimiyle gerçekleşen gidip gelme hareketidir. Bu hareketler periyodik yani belirli sürelerde tekrarlanma şeklinde veya rastgele gerçekleşebilir. Görsel 3.3'teki gibi bir davula vurulduğunda yüzey moleküllerinde başlatılan hareket, gitar teline vurulduğunda telin denge konumu etrafındaki hareketi veya bir bardağa kalemle vurulduğunda madde moleküllerinin yaptığı hareket titreşim hareketidir. Ayrıca dışarıdan bir kuvvet uygulanmasa da katı hâldeki madde molekülleri bulundukları konumda gidip gelerek titreşim hareketi yapmaktadır.



Görsel 3.3: Madde molekülleri kuvvet etkisinde titreşim hareketi yapar.

Bilgi İletişim Teknolojisi

Titreşim hareketini gözlemlemek için aşağıdaki Genel Ağ adresini ziyaret ediniz.

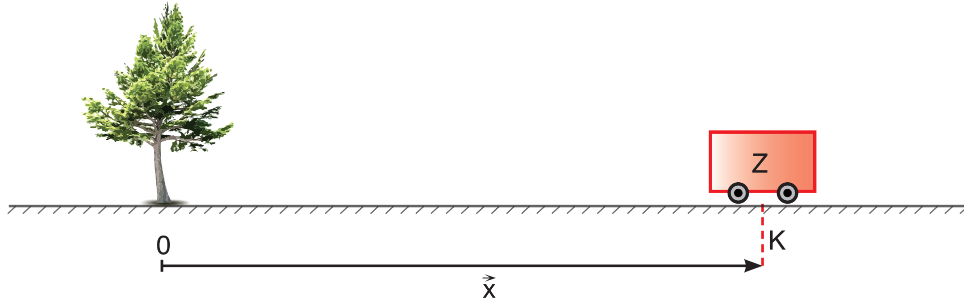
https://goo.gl/jnrgKW

3.1.2. Konum, Alınan Yol, Yer Değiştirme, Sürat ve Hız Kavramları

Şu ana kadar hareketten bahsederken konum kavramını kullandık. Bir cisim bir konumdan başka bir konuma ilerlerken zaman değişkeninden de bahsetmek gerekir. Bir mesafe belirli bir zaman diliminde alınacaktır. Bu zamanın kısa ya da uzun olması o cismin hızına bağlıdır. Buna göre hareket konuma, konumlar arasında değişime, bu değişimin ne kadar zamanda gerçekleştiğine, hıza ve hız değişimine bağlıdır. Bu nedenle bu kavramların açıklanması gerekir.

Konum

Cisimlerin bir referans (orijin) noktasına göre bulunduğu yere konum denir. Konum belirtilirken başlangıç noktasına uzaklık, doğrultu ve yön belirtilir. Konum doğrultu ve yönü kapsayan bir büyüklük olduğundan vektöreldir.



Şekil 3.3: $\vec{x}$, cisimlerin bulunduğu yeri işaret eden konum vektörüdür.

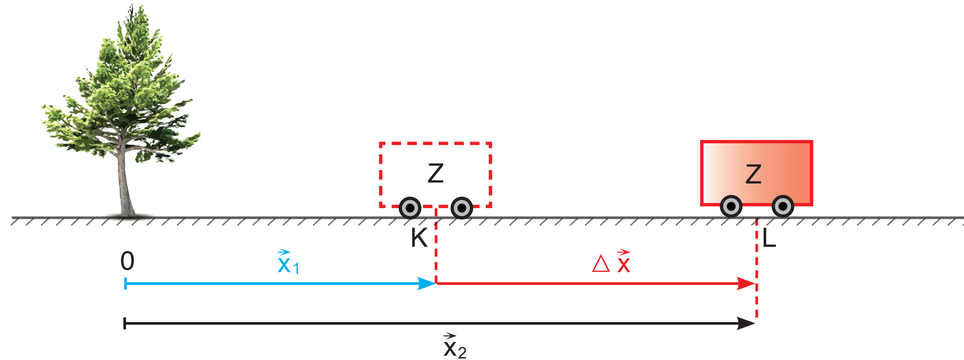
Şekil 3.3'teki gibi Z aracının konum vektörü $\vec{x}$, başlangıç noktasından başlanarak çizilip cismin bulunduğu yere yönlendirilen doğru parçası ile gösterilir.

Yer Değiştirme ve Alınan Yol

Cisimler hareket ettiğinde başlangıç noktasına uzaklıkları değişebilir. Hareketli cisimlerin başlangıç noktasına uzaklığı değişiyorsa yer değiştirdikleri söylenir.

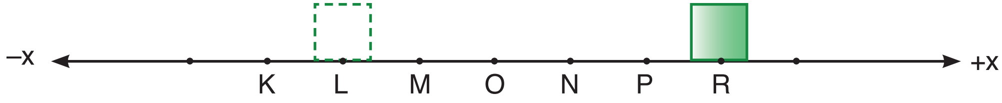
Yer değiştirme miktarı, konum vektörleri arasındaki farka eşittir. Şekil 3.4'te ilk konum vektörü $\vec{x}_1$ olan K noktasındaki Z aracı L noktasına gittiğinde konum vektörü $\vec{x}_2$ ile gösterilir. Bu durumda aracın yer değiştirme miktarı

$\Delta\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ olacaktır.



Şekil 3.4: Z aracının yer değiştirme miktarı

Örnek

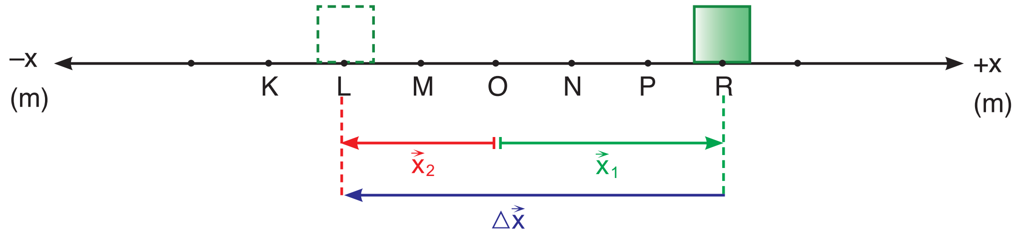


Referans noktası O noktası olan doğrusal yörüngenin R noktasında bulunan bir cisim bu yörüngede hareket ederek L noktasına gidiyor.

Noktalar eşit ve 4 m aralıklı olduğuna göre hareketlinin yer değiştirme miktarının kaç metre olduğunu bulunuz.

Çözüm

Hareketlinin ilk ve son konum vektörleri çizilerek konum vektörleri arasındaki fark bulunur.



Noktalar arası uzaklık 4 m olduğuna göre O noktasından 3 nokta uzaklıkta R noktasında bulunan hareketlinin ilk konum vektörü 12 m, O noktasından 2 nokta uzaklıkta L noktasında iken son konum vektörü 8 m büyüklüğündedir. Ancak L noktasında iken O noktasının ters tarafında bulunduğuna göre vektör (–) yönlü olacaktır.

$\Delta\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ eşitliğinden,

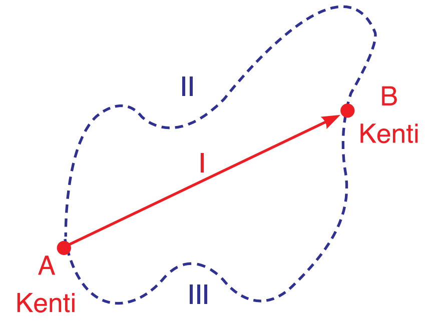
$\Delta x = (-8) - (12)$

$\Delta x = -20\ \text{m}$ bulunur.

Yer değiştirme miktarındaki eksi değer hareketlinin (–) kabul edilen yönde yer değiştirdiğini anlatmaktadır.

Cisimlerin hareketi esnasında aldıkları yol ile yaptıkları yer değiştirme birbirinden ayrılmalıdır.Hareketli bir cismin bulunduğu noktalar birleştirilerek izlediği yörünge bulunur. Hareketlinin izlediği yörüngenin toplam uzunluğuna **yol** denir. Toplam uzunluk bulunurken yön gözetilmez. Bu nedenle bir sayı ve bir birimle belirtilen (10 km, 80 m gibi) yol skaler bir büyüklüktür.

Şekil 3.5'teki A kentinden harekete başlayan bir otobüs I, II ve III gibi birbirinden farklı yollardan giderek B kentine ulaşabilir. A kentinden B kentine ulaşan otobüsün II veya III gibi yolları izlemesi yer değiştirme miktarını değiştirmez. Aldığı yollar farklı olabilir fakat yer değiştirmesi aynıdır. Otobüs hangi yolu izlerse izlesin yer değiştirmesi I No.lu vektör ile gösterilir. Üstelik I. yolu izleyerek yer değiştirdiğinde en kısa yolu almış ve aldığı yola eşit büyüklükte yer değiştirme yaparak B kentine ulaşmış olur.

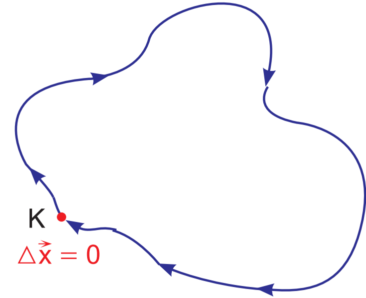


Şekil 3.5: A kentinden B kentine gidiş farklı yollarla olabilir.

Uyarı

Yol skaler, yer değiştirme vektörel bir büyüklüktür.

Şekil 3.6'daki gibi K noktasından harekete geçen bir cisim bir süre sonra aynı noktaya dönerse belirli bir büyüklükte yol almasına rağmen yer değiştirmesi sıfır olacaktır.



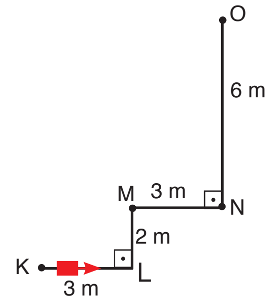
Şekil 3.6: Yol aldığı hâlde yer değiştirmesi sıfır olan bir hareketlinin yörüngesi

Örnek

Şekildeki KLMNO yolunu izleyerek hareket eden bir aracın K noktasından O noktasına gittiğinde;

a) Aldığı yolun,

b) Yaptığı yer değiştirmenin kaç metre olduğunu bulunuz.



Çözüm

a) KL, LM, MN ve NO yolunu izleyen hareketlinin K'den O'ya gidinceye kadar aldığı yola S dersek

$S = 3 + 2 + 3 + 6$

$S = 14$ m bulunur.

b) Hareketli K noktasından O noktasına gittiğine göre K noktasından O noktasına çizilecek vektör yer değiştirme vektörü olacaktır.

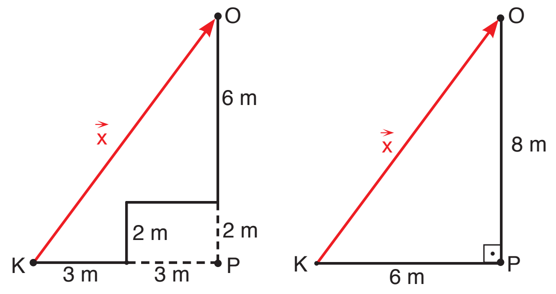
Yer değiştirme vektörünün büyüklüğünü ise KPO dik üçgeninde pisagor bağıntısını uygulayarak bulabiliriz.

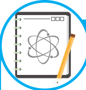
$|KP| = 6\,m$ ve $|PO| = 8\,m$ olduğuna göre yer değiştirme miktarına x dersek

$x^2 = 6^2 + 8^2$

$x^2 = 36 + 64$

$x^2 = 100$ ise $x = 10\,m$ bulunur.



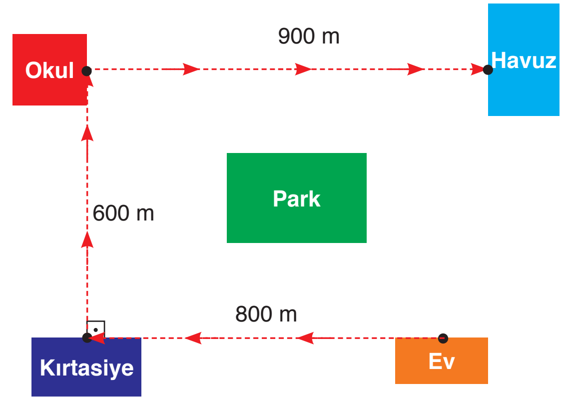


Alıştırma 3-1

Üstten görünüşü şekildeki gibi olan bir yerleşim yerinde evinden çıkan Ahmet, 800 m ilerideki kırtasiyeye uğrayıp daha sonra 600 m ilerideki okuluna gidiyor. Ahmet, okul çıkışı 900 m ilerideki havuza yüzmeye gittiğine göre

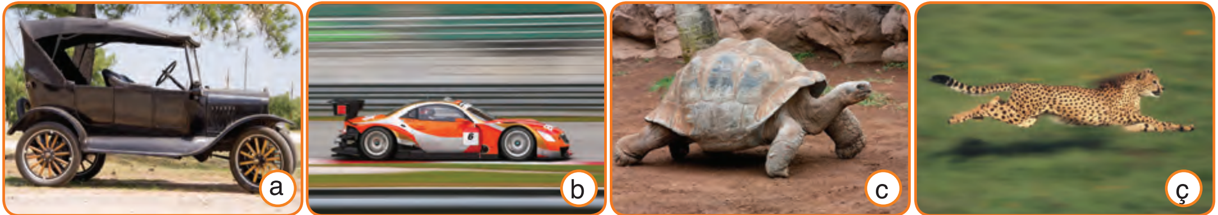
a) Ahmet'in evden çıkıp okula gidinceye kadar kaç metre yer değiştirdiğini bulunuz.

b) Ahmet'in evden havuza gidinceye kadar kaç metre yol aldığını bulunuz.



Hız ve Sürat

Hareketlilerin aldıkları yolu ve yaptıkları yer değiştirmeleri gözlemledikten sonra karşılaştırmalara başlarız. Aynı sürede hangi hareketlinin daha çok yer değiştirmiş veya yol almış olduğunu karşılaştırmaya başlamak bizi hız ile sürat kavramlarını ayırt etmeye götürür.



Görsel 3.4: Bazı hareketli cisimler aynı sürede aynı yolu alamaz.
a. Eski model araba b. Yarış arabası c. Kaplumbağa ç. Çita

Görsel 3.4 a ve b'deki eski model bir araba ile bir yarış arabası ya da Görsel 3.4 c ve ç'deki kaplumbağa ile çita tüm güçleri ile hareket etseler de aynı sürede aynı yolu alamaz. Peki, bu cisimler aynı

sürede aynı yer değiştirmeyi yapabilir mi? Bu sorunun cevabını sürat ve hız kavramını ayırt ettiğimizde daha net bir şekilde kavramış olacağız.

Hareketlilerin birim zamanda aldıkları yola **sürat** denir. $\triangle t$ sürede x yolunu almış bir hareketlinin sürati,

$$\text{Sürat} = \frac{\text{Alınan yol}}{\text{Geçen zaman}}$$

$$\text{Sürat} = \frac{x}{\triangle t}$$

bağıntısı ile bulunur. Hareketli cismin hareketi boyunca aldığı yolun hareket süresine oranı **ortalama sürati** verir.

Yol ve zaman skaler büyüklükler olduğuna göre sürat de skaler bir büyüklüktür. Araçlardaki (otomobil, otobüs vb.) göstergeler (Görsel 3.5) alınan yola bağlı değer gösterdiklerine göre hız değil sürat değerini vermektedir.

Hareketlilerin birim zamandaki yer değiştirme miktarına **hız** denir. Bir cisim t_1 anında $\vec{x}_1$ konumunda iken t_2 anında $\vec{x}_2$ konumunda bulunuyorsa $\triangle t$ süredeki yer değiştirme miktarı,

$\triangle\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ dir.

Hızı $\vec{v}$ ile gösterirsek

$$\vec{v} = \frac{\triangle\vec{x}}{\triangle t}$$

$$\vec{v} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} \text{ olur.}$$

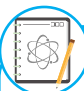
Görsel 3.5 Otomobildeki sürat göstergesi

Hız vektörel bir büyüklüktür. Yer değiştirme vektörünün yönü ile hız vektörünün yönü daima aynı olacaktır.

Eşitlikte kullanılan büyüklükleri birimleri ile Tablo 3.1 üzerinde gösterelim.

Tablo 3.1: Birim tablosu

Büyüklük	SI birimi
Zaman	s (saniye)
Yer değiştirme	m (metre)
Hız	m/s (metre/saniye)



Alıştırma 3-2

Buraya kadar öğrendiklerimize göre konum, alınan yol, yer değiştirme, sürat ve hız kavramlarından hangileri skaler, hangileri vektörel büyüklüktür? Bu kavramları skaler ve vektörel büyüklük olarak sınıflandırınız.

3.1.3. Düzgün Doğrusal Hareket İçin Konum, Hız ve Zaman Kavramları

Dairesel hareket, titreşim hareketi, doğrusal hareket gibi hareket çeşitlerinden bahsettik. Bu hareketlerin en basit hâli hangisidir?

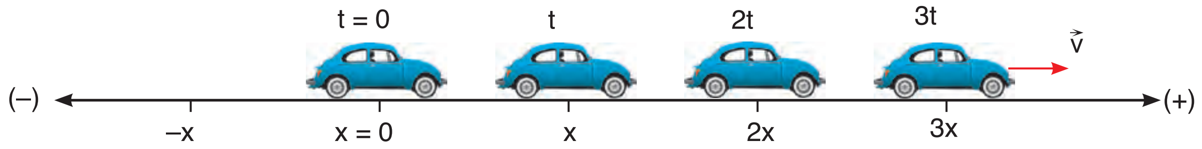
Yörünge, hareketlilerin bulundukları noktalar, izler birleştirildiğinde ortaya çıkan yoldur. Yörünge doğrusal, dairesel veya parabolik olabilir. Hareketlerin sınıflandırılmasında yörünge, zaman içerisinde sahip olunan hız değerleri ve değişimleri önem kazanır. Düzgün doğrusal hareket, yörünge ve kapsadığı büyüklükler açısından diğer hareketlerin en yalını olarak görülebilir.

Doğrusal yörüngede hareketli cisim eşit zamanlarda eşit yer değiştirmeler yapıyorsa hareketine düzgün doğrusal hareket denir. Hareketlilerin bir sonraki aynı zaman aralığında aynı yer değiştirmeyi yapabilmesi hızının sabit olması ile mümkündür.

Doğrusal yörüngede hareket iki yönde gerçekleşebilir. Buna göre bir yöndeki hareket (+) yönde hareket olarak kabul edildiğinde diğer yöndeki hareket (–) alınarak hareketin ters yönde olduğu belirtilir. Örneğin kuzey yönündeki hareket (+) kabul edilmiş ise güney yönüne hareketlerin hız ve konum değerleri (–) gösterilerek ters yönde olduğu belirtilir.

Bu hareketi, şekilde verilen bir aracın zamana göre konum ve hız değerlerini bir çizelge hâline getirip çizelgeden grafiklere geçerek daha analitik inceleyebiliriz.

a) Pozitif kabul edilen yönde düzgün doğrusal hareket



Şekil 3.7: Doğrusal yörüngede hareketli bir aracın verilen zamanlara göre konumu

Şekil 3.7'de verilen zaman ve konum bilgilerini tabloya taşıyalım.

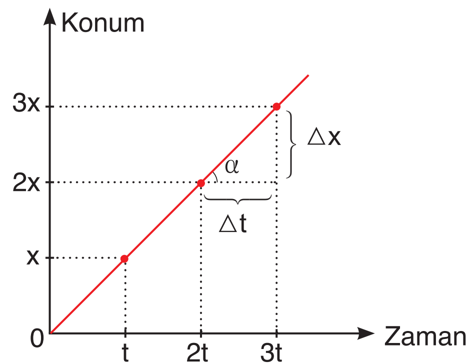
Tablo 3.2: Düzgün doğrusal hareket yapan bir cismin zamana göre konum ve hız bilgileri

Zaman	t = 0	t	2t	3t
Konum	x = 0	x	2x	3x
Hız	Sabit ($\vec{v}$)			

Tablo 3.2'ye göre hareketlinin konum-zaman, hız-zaman grafiklerini çizebiliriz.

Şekil 3.8'deki konum-zaman grafiğinde doğrunun eğimini yazalım.

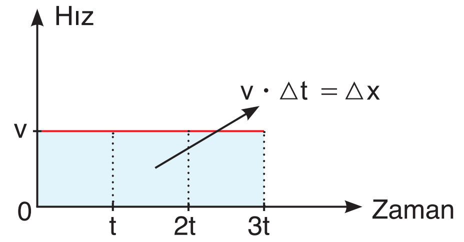
Eğim $= \dfrac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \vec{v}$ olur.



Şekil 3. 8: Düzgün doğrusal harekette konum-zaman grafiği

Eğimin sabit olmasından hareketlilerin hızının sabit olduğu anlaşılır. Bu sabit değerin Şekil 3.9'daki gibi grafiğini çizelim.

Şekil 3.9'daki hız-zaman grafiği bize hareketlinin hızının büyüklüğünün ve yönünün değişmediğini göstermektedir. Bu grafiklerdeki alanlar eşit zaman aralıkları için eşit görülmektedir.

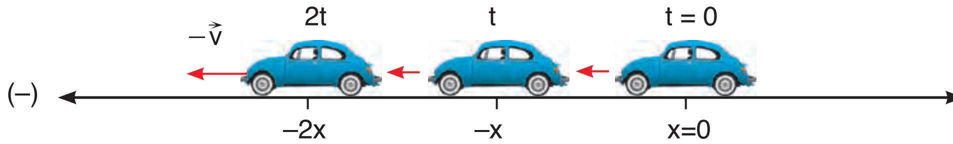


Şekil 3.9: Düzgün doğrusal harekette hız-zaman grafiği

Alan $= v \cdot \Delta t = \Delta x$ değerini verir.

Hız-zaman ve konum-zaman grafiklerinden yararlanarak yapılan hareket ile ilgili birçok bilgiye sahip oluyoruz. Hız-zaman grafiğinin altındaki alandan yer değiştirmeyi bulabiliyoruz. Konum-zaman grafiğinin eğiminden yararlanarak da hareketlinin hızını hesaplayabiliyoruz.

b) Negatif kabul edilen yönde düzgün doğrusal hareket



Şekil 3.10: Negatif (–) kabul edilen yönde hareketli bir aracın verilen zamanlardaki konumu

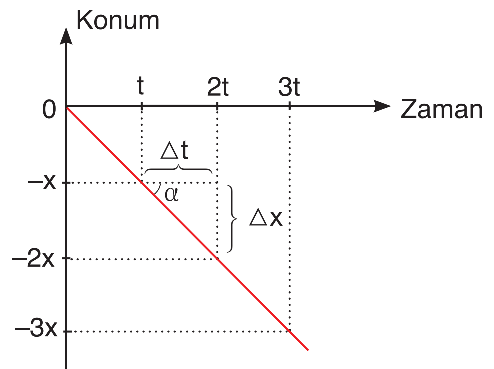
Şekil 3.10'daki hareketli aracın zaman ve konum bilgilerini bir tabloda gösterip Görsel 3.16'daki konum-zaman grafiğine aktarmak mümkündür.

Tablo 3.3: Negatif kabul edilen yönde düzgün doğrusal hareket yapan bir cismin zamana göre konum ve hız bilgileri

Zaman	t = 0	t	2t	3t
Konum	x = 0	-x	–2x	–3x
Hız	Sabit $(-\vec{v})$			

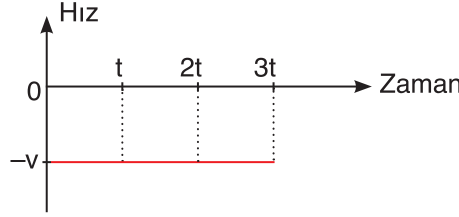
Tablo 3.3'teki bilgilere göre bu hareketliye ait konum-zaman grafiğini Şekil 3.11'deki gibi çizebiliriz.

Şekil 3.11'deki konum-zaman grafiği, ters yön kabul edilen yönde hareketli bir aracın eşit zamanlarda eşit yer değiştirmeler yaptığını göstermektedir. Bu grafikteki eğim hareketlinin ters yönde sabit hıza sahip olduğunu gösterir.



Şekil 3.11: Düzgün doğrusal harekette konum-zaman grafiği

Bu durumda hız-zaman grafiği de Şekil 3.12'deki gibi çizilmelidir.



Şekil 3.12: Negatif kabul edilen yönde düzgün doğrusal hareket yapan cismin hız-zaman grafiği

Şekil 3.12'deki grafiğin alanı hareketlinin $\triangle t$ zaman aralığında ters yöndeki yer değiştirme miktarını göstermektedir. Alan $= -v \cdot \triangle t = -\triangle x$

Bilgi İletişim Teknolojisi

Düzgün doğrusal hareketi ve hareket grafiklerini verilen Genel Ağ adresini ziyaret ederek gözlemleyebilirsiniz. https://goo.gl/s87shX

Deney 3-1'i yaparak doğrusal yörüngede yer değiştirme ve hız ilişkisini inceleyelim.

Deney 3-1

Doğrusal Yörüngede Yer Değiştirme ve Hız İlişkisi

Deneyin Uygulanışı

1. Sınıfınızda, okulun koridorunda veya okul bahçesinde yere tebeşirle işaretleme yapabileceğiniz uzun bir alan seçiniz.

2. Bu deney 3 öğrencinin bulunduğu gruplarda tekrarlanabilir niteliktedir. Bir öğrenci zemine çizilerek belirlenmiş doğrusal bir yörüngede yürüyecek, ikinci öğrenci kronometre tutarken bir diğeri de yürünen yolda zaman bildirimine göre işaretleme yapma işini üstlenecektir.

Araç ve Gereçler
- Kronometre
- Tebeşir
- Şerit metre

Bu görev paylaşımı yapıldıktan sonra yürünecek yolun başına gelip kronometreyi çalıştırınız. Yürümenin mümkün olduğunca aynı sıklıkla eşit aralıklarla atılmış adımlardan oluşmasına özen gösterilmelidir.

3. Yürüme boyunca her 6 saniyede bir işaretlemeyi yaparak 30 saniyede işaretlenen noktalar arasındaki mesafeleri şerit metre ile ölçünüz.

4. Ölçümlerinizi aşağıdaki tabloda t=0 anındaki konuma x=0 yazarak ardışık her 6 saniyede başlangıç noktasına uzaklığı bulunuz ve tabloda verilen bölümlere yazınız.

Zaman (s)	t = 0	6	12	18	24	30
Konum (m)						
Hız (m/s)						

5. Bu tablodan 0-6, 6-12, 12-18, 18-24, 24-30 s'ler arası yer değiştirmeleri bularak ortalama hız değerlerini

$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ eşitliğinden bulunuz ve tabloda verilen bölümlere yazınız.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

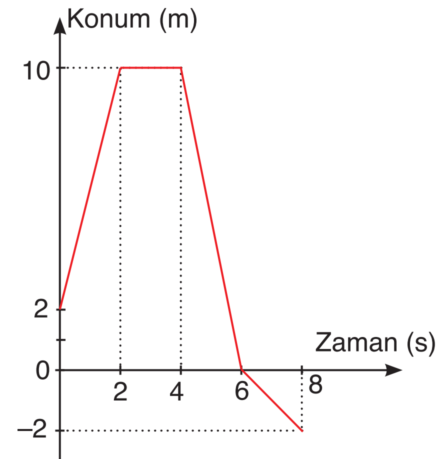
1. Tablodaki verileri kullanarak konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz. Çizdiğiniz grafiklerin eğimi size ne anlatmaktadır?

2. Konum-zaman grafiğinde eğimi, hız-zaman grafiğinde verilen zaman aralıklarındaki alanları göz önüne alarak hareketin türü hakkında yorumda bulununuz.

Yatay düzlemde de olsa sabit hızlı hareketi oluşturmak kolay değildir. Bir ipin ucuna bağlayıp çektiğiniz bir kutuda bile hızlanma hareketini gözlemleyebilirsiniz. Bu nedenle tablodaki zaman aralıklarında bulduğunuz ortalama hızlar birbirine yakın değerler taşıyorsa deneyiniz amacına ulaşmış olur.

Örnek

Doğrusal yörüngede hareketli bir cismin konum-zaman grafiği şekildeki gibidir. Buna göre cismin hız-zaman grafiğini çiziniz.



Çözüm

Cismin iki saniyelik zaman aralıklarında sahip olduğu hızlara $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$, $\vec{v}_3$ ve $\vec{v}_4$ dersek

$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ eşitliğinden

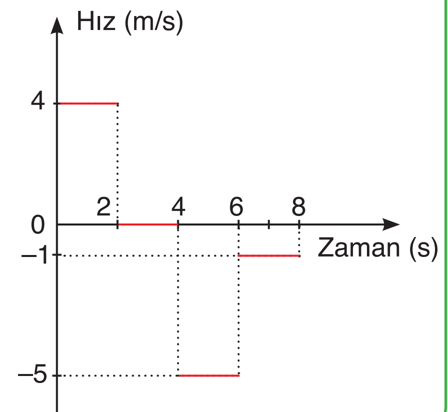
$$v_1 = \frac{10-2}{2} = \frac{8}{2} = 4\ \text{m/s}$$

$$v_2 = \frac{10-10}{2} = 0$$

$$v_3 = \frac{0-10}{2} = -5\ \text{m/s}$$

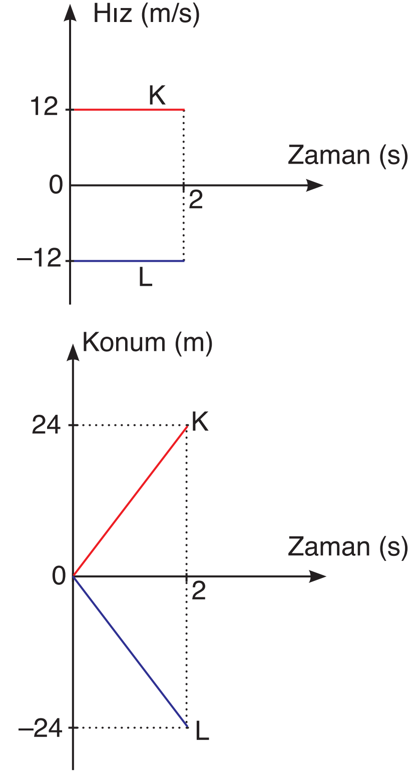
$$v_4 = \frac{(-2)-0}{2} = -1\ \text{m/s}$$ bulunur.

Buna göre hareketlinin hız-zaman grafiğini yandaki gibi çizebiliriz.



Örnek

t = 0 anında x = 0 konumundan geçen doğrusal yörüngede hareketli K ve L araçlarının konum-zaman grafiğini çiziniz.



Çözüm

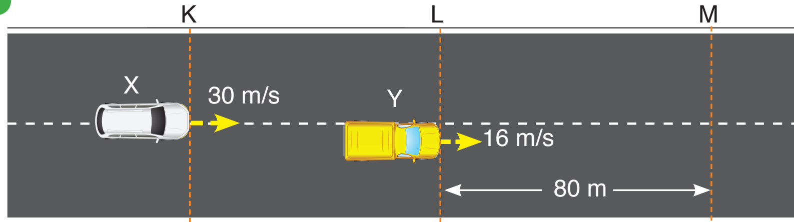
Hız-zaman grafiklerindeki alanlar hareketlilerin yer değiştirme miktarını verir. Buna göre K ve L araçlarının yer değiştirmelerine $\triangle \vec{x}_K$ ve $\triangle \vec{x}_L$ dersek

$\triangle \vec{x}_K = 12 \cdot 2 = 24\,m$

$\triangle \vec{x}_L = -12 \cdot 2 = -24\,m$ bulunur.

Bu durumda araçların konum-zaman grafiği yandaki gibi sabit eğimli olmalıdır. Grafiklerdeki eğimin sabitliği hızlarının sabit olduğunu gösterir.

Örnek



Şekilde verilen K ve L hizalarından sırasıyla 30 m/s ve 16 m/s hızlarla aynı anda geçen X ve Y araçları doğrusal yörüngede hareket ederek aynı anda M hizasına ulaşıyor. LM arası 80 m olduğuna göre KL arasının kaç metre olduğunu bulunuz.

Çözüm

K hizasından geçen X aracının M hizasına geldiğinde yaptığı yer değiştirmenin büyüklüğüne $\triangle x_X$, Y'ninkine ise $\triangle x_Y$ dersek

$\triangle x_X = |KL| + \triangle x_Y$ olur.

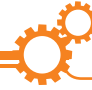
$v_X \cdot t = |KL| + v_Y \cdot t$

$\triangle x_Y = v_Y \cdot t$

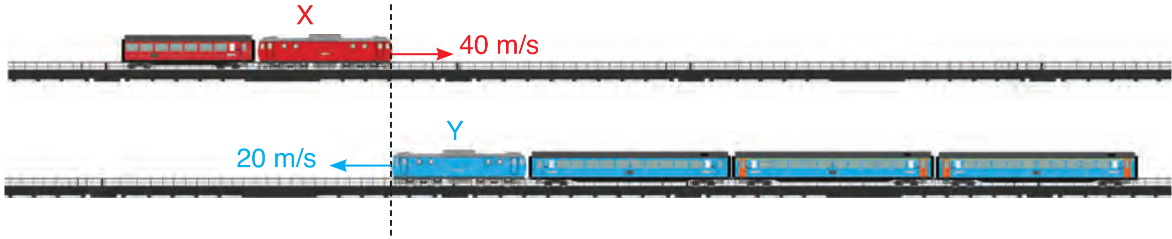
$\triangle x_Y = 80\,m$ olduğuna göre

$80 = 16 \cdot t$ ise $t = 5\,s$ bulunur.

$30 \cdot 5 = |KL| + 80$ ise $|KL| = 150 - 80 = 70\,m$'dir.



Örnek



Şekildeki paralel raylarda ters yönde sırasıyla 40 m/s ve 20 m/s hızlarla hareketli X, Y trenleri ℓ ve 5ℓ uzunluğundadır. Buna göre X treninin Y'yi tamamen geçinceye kadar kaç ℓ yol alacağını bulunuz.

Çözüm

Trenler boylarının toplamı kadar yolu hızları toplamı ile alır. Bu durumda birbirlerini geçme süresi

$$t = \frac{\ell + 5\ell}{40 + 20} = \frac{6\ell}{60}$$

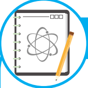
$$t = \frac{\ell}{10} \text{ bulunur.}$$

Bu sürede X treninin aldığı yola x dersek

$$x = v \cdot t$$

$$x = \frac{40 \cdot \ell}{10}$$

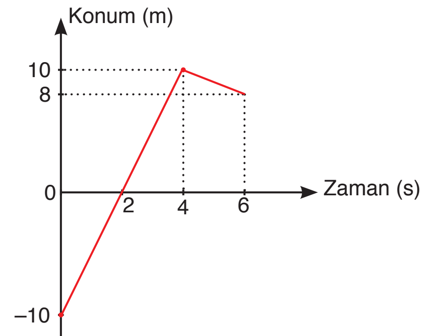
$x = 4\ell$ olur.



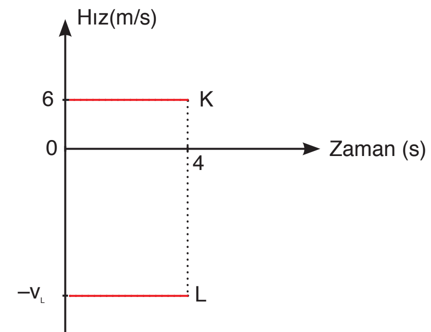
Alıştırma 3-3

1) Doğrusal yörüngede hareketli bir aracın konum-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre aracın 0-6 saniyeler arasında hızının zamana bağlı grafiğini çiziniz.

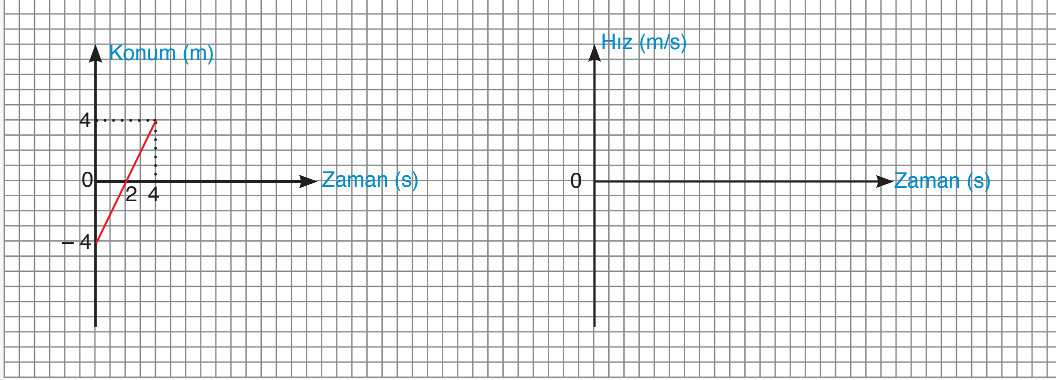


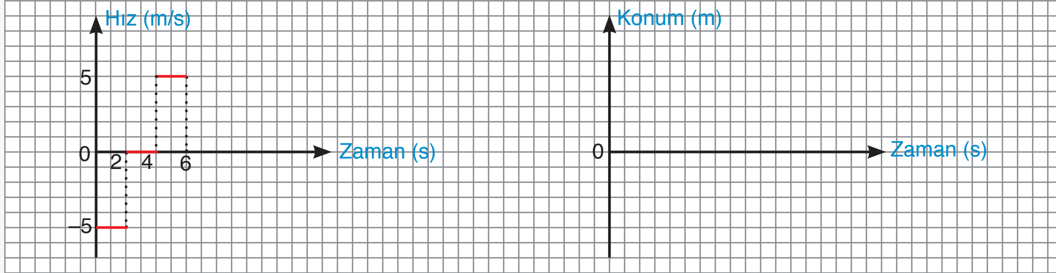
2) t = 0 anında aralarında 64 m mesafe olan doğrusal yörüngede hareketli K ve L araçları 4. saniyede yan yana geliyor. Buna göre L aracının hızının büyüklüğünün kaç m/s olduğunu bulunuz.

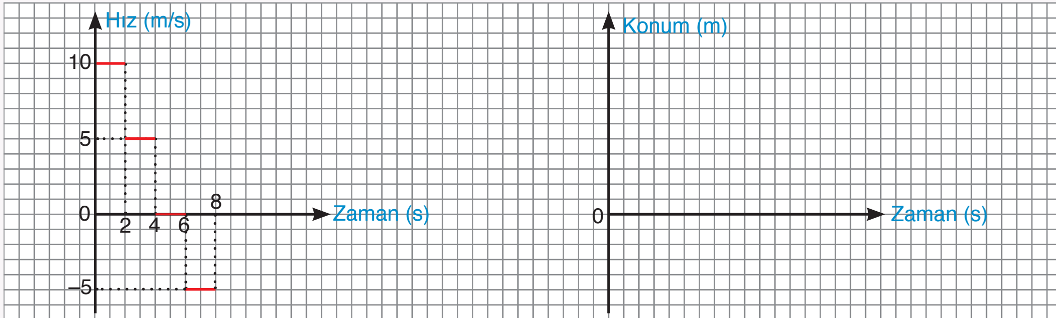


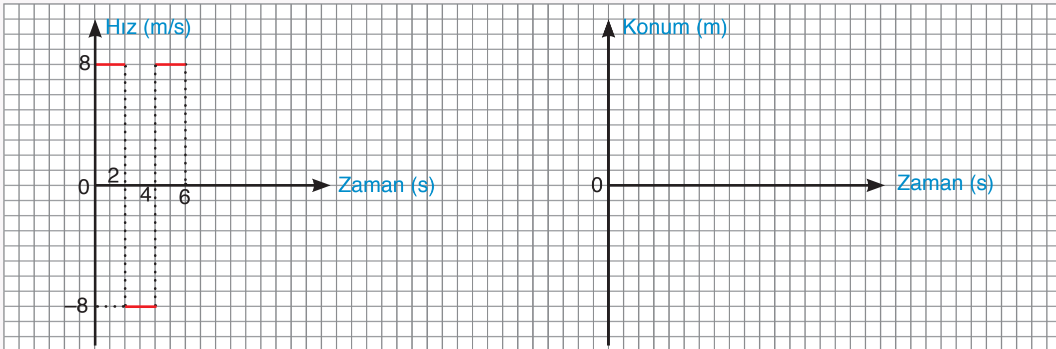
Etkinlik

Aşağıda konum- zaman grafikleri verilen hareketlilerin hız-zaman grafiklerini, hız-zaman grafiği verilen hareketlilerin de t = 0 anında x = 0 olduğunu kabul ederek konum-zaman grafiklerini çiziniz.









Trafik ortamında sürekli hareket hâlinde olan araçlar ve insanlar bu hareketleriyle birbirlerini etkilemektedir. Seyir hâlindeki araçlarında bulunan insanlar, diğer araçların nasıl hareket edeceğini, belirli bir yerde nasıl davranabileceğini tahmin edebilmek isterler. “Acaba bu yolda dönüş yapar mı? Durabilir mi? Sağa mı dönecek? Neden yavaşladı?” gibi birçok soruyu kendi kendine ya da yanındaki kişiye soranları görmüşsünüzdür.

Görsel 3.6: Yaya geçidi

Günlük hayatta hareketle ilgili birçok soru ve sorunla karşılaşıyoruz. Bu problemlerin çözüm yollarını bilmemiz, trafik kurallarına uymamız hayatımızı kolaylaştırır (Görsel 3.6).

İçi dolu olan bir toplu taşıma aracı durağa yaklaşırken başkalarını iterek kapıya yaklaşmak, insanlara karşı büyük saygısızlıktır. Sadece araba kullanırken trafik kurallarına uymak yetmez. Toplu taşıma araçlarında, yaya kaldırımlarında, caddelerde toplumsal kurallara uymak ve başkalarına saygılı olmak gerekir. Çünkü diğer insanların kişiliklerine ve haklarına değer verme, saygılı olma kendi kişiliğimizin ne kadar gelişmiş olduğunu ortaya koyar.

3.1.4. Ortalama Hız ve Anlık Hız

Cisimlerin hareketleri esnasında sürekli sabit hızla hareket etmeleri beklenemez. Örneğin şehirler arası seyahat eden bir yolcu otobüsünün 6 saatte 480 km yer değiştirdiği söylendiğinde hızının büyüklüğü,

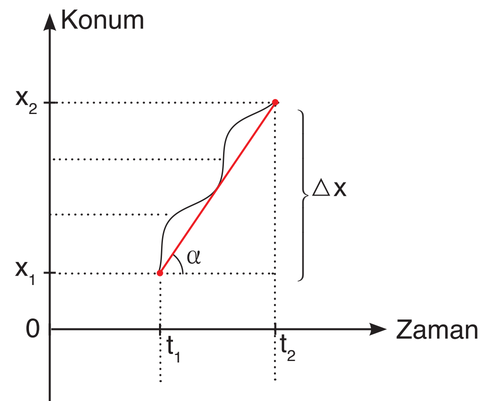
$\vec{v} = \dfrac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ eşitliğinden

$v = \dfrac{480}{6} = 80$ km/h bulunur.

Ancak bu otobüsün 6 saatlik süre içinde mola verdiği, yakıt almak için bir istasyona girdiği, trafik kurallarına uyarak kırmızı ışıkta durduğu düşünülürse her an aynı büyüklükte hızla hareket etmiş olduğunu söylemek mümkün müdür? Tüm bu durumları gerçekleştirmiş otobüs için hızın her an 80 km/h olamayacağı ortadadır. O hâlde hesapladığımız bu hız değeri, sözü edilen 6 saatlik süre için ortalama değer olmalıdır. Ortalama hız $(\vec{v}_{ort})$ büyüklüğü daha önce açıkladığımız eşitliğe göre

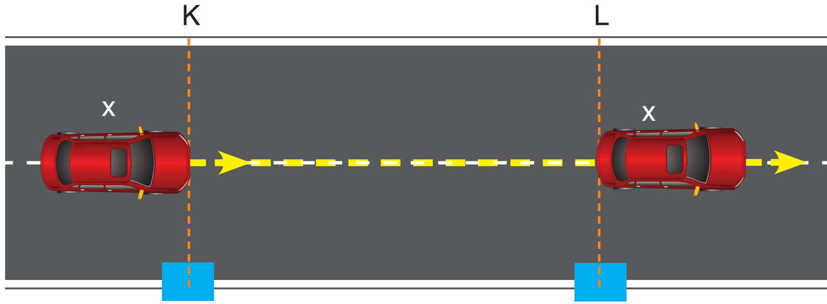
$$\vec{v}_{ort} = \frac{\text{Toplam yerdeğiştirme}}{\text{Toplam geçen süre}}$$

Şekil 3.13’teki gibi bir hareketlinin konum-zaman grafiğinde ortalama hız; ilk ve son konumlar arasında çizilen doğrunun eğimine eşittir. Grafikten de görüleceği gibi konum-zaman grafiğinde eğrinin eğimi her nokta için farklı olduğu hâlde $t_1$anından t_2 anına kadar geçen toplam sürede ortalama bir tek hız büyüklüğü bulunur.



Şekil 3.13: Konum-zaman grafiklerinde doğrunun eğimi ortalama hızı verir.

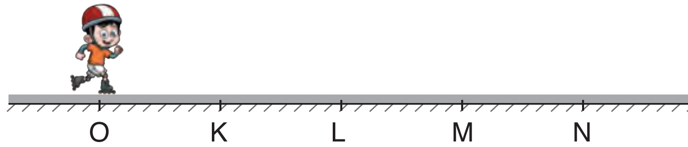
Günlük hayatımızda özellikle şehir içi ulaşımda trafik, zaman ve enerji kaybına neden olan bir sorun hâline gelmiştir. Bu nedenle bazı noktalarda yeşil dalga uygulaması olarak adlandırılan düzenlemelerle yakıt ve zaman kaybının engellenmesi amaçlanmaktadır. Yeşil dalga sisteminde ortalama hız değeri sorunun çözümünde en önemli faktördür. Yeşil dalga levhasındaki hız değeri ile hareket edilirse tüm trafik lambalarının bulunduğu noktalardan yeşil ışığa denk gelerek geçmek mümkün olur. Bu düzenleme yapılırken trafik lambalarının bulunduğu iki nokta arasındaki mesafe dikkate alınır. Örneğin ortalama 60 km/h hızla bu mesafenin kaç saniyede alınabileceği hesaplanır. Bu süre ikinci trafik lambasının tekrar yeşil ışığa geçme süresidir. Bu açıklamadan da anlaşılacağı üzere yeşil dalga sisteminin çalışma ilkesi doğrudan ortalama hız bilgisidir.



Görsel 3.7: Araçlarda hız tespiti plaka okuma cihazlarının yardımıyla yapılır.

Ortalama hız değeri, trafikte hız sınırının aşılıp aşılmadığını kontrol için kullanılan uygulamada da yer alır. Görsel 3.7'deki gibi K ve L hizalarında bulunan plaka okuma cihazları kaç km olduğu belirli olan bu yer değiştirmenin gerçekleştirilme süresine göre ortalama hız değerini saptayarak uyarı verir.

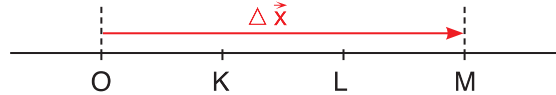
Örnek



t = 0 anında doğrusal yolun O noktasından geçen paten kaymakta olan bir çocuk, 10 s'de N noktasına gelip dönerek 15. saniyede M noktasından ikinci kez geçmiştir. Noktalar eşit ve 15 m aralıklı olduğuna göre çocuğun ortalama hızını bulunuz.

Çözüm:

Cismin 15 s'deki yer değiştirme miktarı O noktasından M noktasına çizilecek vektörün büyüklüğüne eşittir.



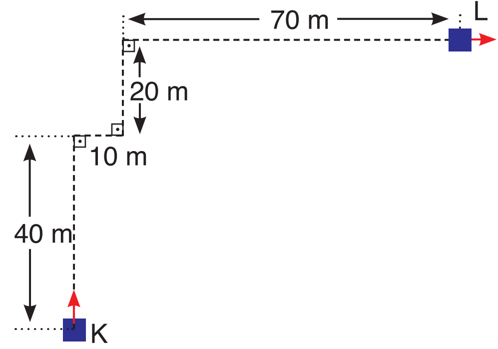
Bu durumda ortalama hız,

$\Delta x = 3 \cdot 15 = 45\,m$,

$\vec{v} = \dfrac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ ise $v = \dfrac{45}{15} = 3\,m/s$ olur.

Örnek

t = 0 anında K noktasından geçen bir araç şekilde üstten görünüşü verilen yolu izleyerek 5 s'de L noktasına ulaşıyor. Buna göre aracın KL arasındaki ortalama hızının kaç m/s olduğunu bulunuz.



Çözüm

Hareketlinin K noktasından L noktasına gelinceye kadar iki doğrultuda yer değiştirdiği görülmektedir. Bu doğrultulardaki yer değiştirmeleri ayrı ayrı toplamak gerekir. K noktasından L noktasına çizilecek doğru parçası yer değiştirme vektörünü gösterecektir. Buna göre yer değiştirilen eksenleri x ve y eksenleri olarak adlandırırsak

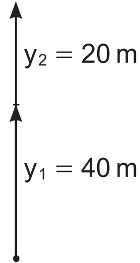
x eksenindeki yer değiştirme,

$x_1 = 10$ m $\quad \vec{x}_2 = 70$ m

$\vec{x} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2$

$x = 10 + 70 = 80$ m'dir.

y eksenindeki yer değiştirme,



$\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$

$y = 40 + 20 = 60$ m'dir.

Cismin toplam yer değiştirme miktarı,

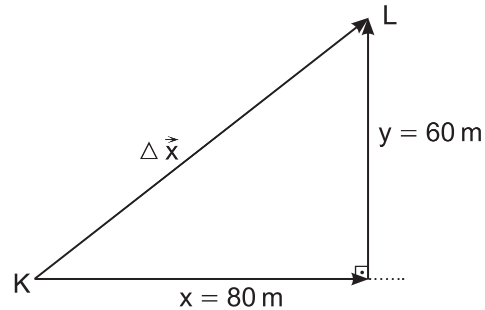
$\Delta \vec{x} = \vec{x} + \vec{y}$

$\Delta x^2 = x^2 + y^2$

$\Delta x^2 = 80^2 + 60^2$

$\Delta x^2 = 10000$ m'dir.

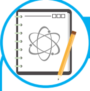
$\Delta x = 100$ m'dir.



Ortalama hız,

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

$$v = \frac{100}{5} = 20 \text{ m/s olur.}$$



Alıştırma 3-4

Yarıçapı 10 m olan çembersel yörüngede hareketli bir araç 8 s'de bir devir yaparak harekete başladığı noktaya gelmektedir.

Buna göre çembersel yörüngenin yarısı kadar yol aldığında aracın ortalama hızının büyüklüğünün kaç m/s olduğunu bulunuz. ($\pi = 3$ alınız.)

3.1.5. İvme

Bir hareketlinin hızında şiddet, yön veya her ikisi birden değişime uğruyorsa doğrusal veya eğrisel bir yörüngede gerçekleşen bu hareket ivmeli hareket olarak kabul edilir. Hareketlilerin hızında birim zamanda meydana gelen değişmeye **ivme** denir. İvme vektörel bir büyüklüktür. İvme vektörünün yönü daima hız değişim vektörünün yönü ile aynıdır.

Δt sürede, $\Delta \vec{v}$ kadar hız değişimini gerçekleştirmiş bir hareketlinin birim zamandaki hız değişimi, $\vec{a}$ ile gösterilen ivmesi olur.

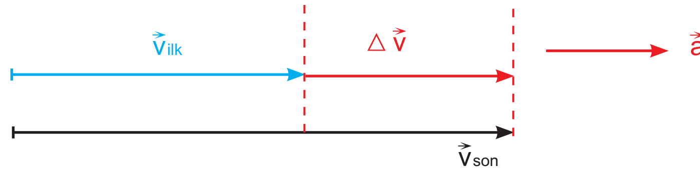
Zaman ve hız birimlerine bağlı olarak ivme birimleri Tablo 3.4'teki gibi olur.

Tablo 3.4: Birim tablosu

Nicelik	Sembol	Birim
Zaman	t	s
Hız	v	m/s
İvme	a	m/s^2

İvmeli hareketleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

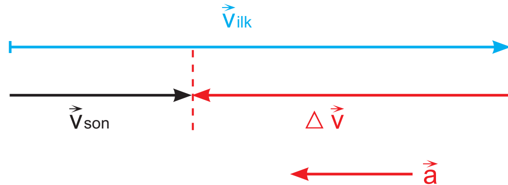
1. Cisimler hızlanırken hareketleri ivmelidir.



Şekil 3.14: Hızlanan harekete ait hız, hız değişimi ve ivme vektörleri

Hızlanan bir cisim için Şekil 3.14'teki gibi hız, hız değişimi ve ivme vektörleri aynı yönlüdür.

2. Cisimler yavaşlarken hareketleri ivmelidir.



Şekil 3.15: Yavaşlayan bir cisim için hız, hız değişimi, ivme vektörleri

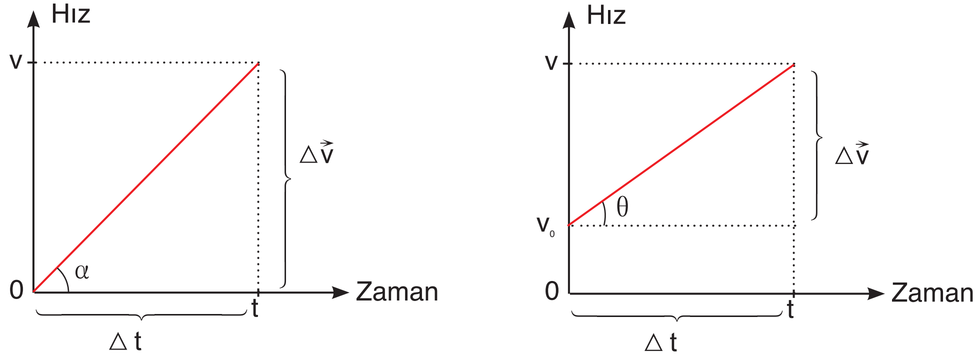
Yavaşlamakta olan cisimler için hız ve ivme vektörleri Şekil 3.15'te görüldüğü gibi daima zıt yönlüdür.

Araştıralım

Hızlanan, yavaşlayan ya da sabit hızlı olup da yön değiştiren cisimlerin ivmeli hareket yaptıklarını öğrendiniz. Sizce ivmeyi meydana getiren sebepler neler olabilir? Araştırınız.

Doğrusal yörüngede hareketli cisimlerin hızları eşit zamanlarda eşit miktarlarda değişiyorsa gerçekleşen hareket **düzgün değişen doğrusal hareket** olarak sınıflandırılır. Düzgün değişen doğrusal harekette ivme zaman içerisinde değişmez, sabittir.

Sabit ivmeli hareketi gerçekleştirerek düzgün hızlanan hareketlilerin hız-zaman grafikleri Şekil 3.17'deki gibi olur. Hareketli; incelenmeye başlandığı anda duruyor ise ilk hızsız, hareketli ise ilk hızlı düzgün hızlanan hareketi gerçekleştirmektedir.

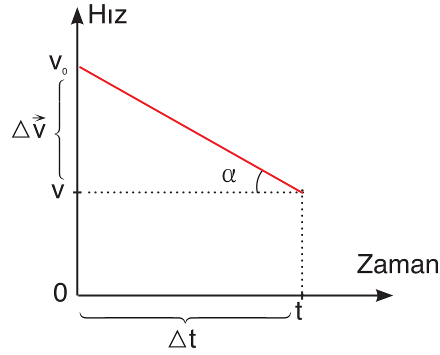


Şekil 3.17: İlk hızsız ve ilk hızlı düzgün hızlanan harekete ait hız-zaman grafikleri

Hız-zaman grafiklerindeki eğim her iki harekette de sabittir. Eğim $= \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}$ değerini verir.

Hareketli Şekil 3.17'deki gibi pozitif kabul edilen yönde hızlanıyorsa ivmesi de aynı yönde olur (Şekil 3.18).

Şekil 3.18: Pozitif kabul edilen yönde düzgün hızlanan hareketlinin ivme-zaman grafiği

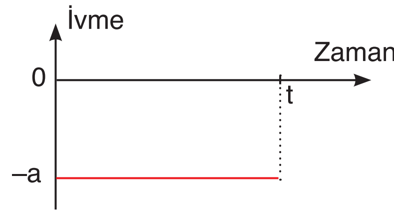


Şekil 3.19: Düzgün yavaşlayan harekete ilişkin hız-zaman grafiği

Düzgün yavaşlayan hareket yapan cismin hız-zaman grafiği Şekil 3.19'daki gibi olur.

Bu grafikte de eğim sabittir.

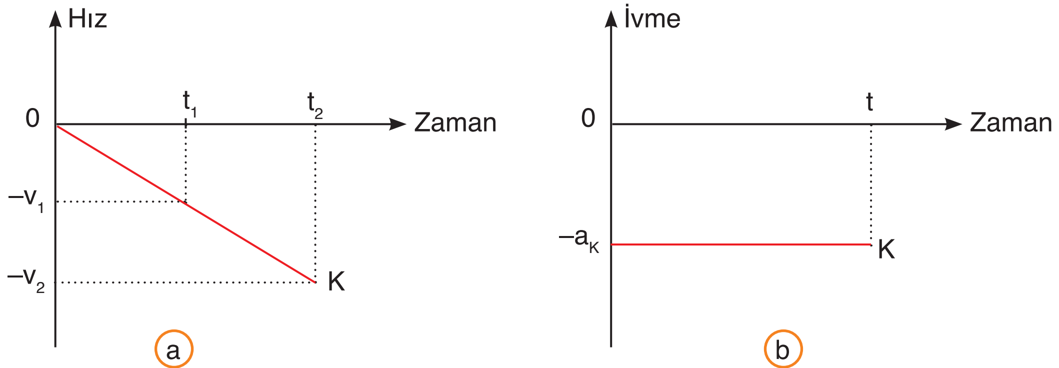
Eğim $= \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}$ olur.



Şekil 3.20: Pozitif kabul edilen yönde yavaşlayan cismin ivme-zaman grafiği

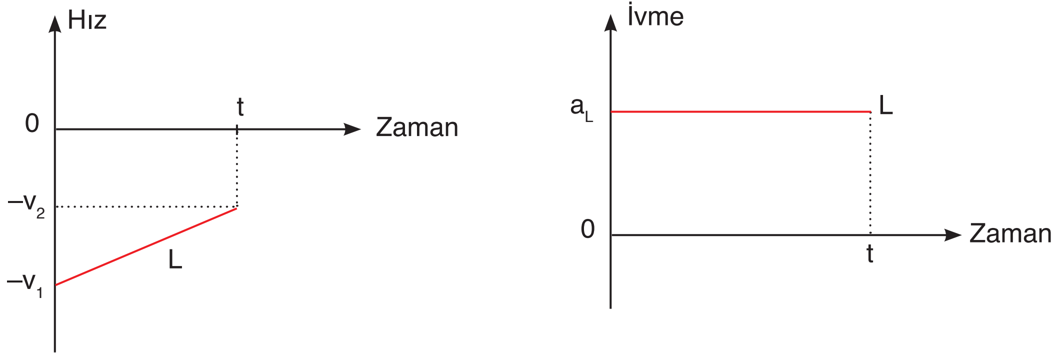
Ancak yavaşlayan harekette hız ile ivme vektörleri ters yönde olduğu için ivme-zaman grafiği Şekil 3.20'deki gibi çizilir.

Cisim (–) kabul edilen yönde hızlanıyor veya yavaşlıyor olabilir. Bu durumda ivmesi de hareket durumuna göre yön kazanır. Düzgün hızlanan harekette hız ve ivme aynı yönlü olacağından ivme de (–) kabul edilen yönde olacaktır. $-v_2 > -v_1$ olduğundan ivme de (–) değerdedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Negatif kabul edilen yönde hızlanan cismin a. Hız-zaman grafiği b. İvme-zaman grafiği

Cisim yavaşlıyorsa ivmesi ile hızı ters yönde olacağından ivme (+) kabul edilen yönde bir vektördür. $v_2 < v_1$ olduğundan ivme de (+) yönlü bir vektördür (Şekil 3.22).



Şekil 3.22: Negatif kabul edilen yönde yavaşlayan cismin a. Hız-zaman grafiği b. İvme-zaman grafiği

Örnek

Aşağıdaki tabloda belirli zaman aralıklarında hız değerleri verilen doğrusal yörüngede hareketli cisim düzgün hızlanan hareket yapmaktadır.

Zaman (s)	t = 0	2	4	6
Hız (m/s)	v = 0	6	12	18

Buna göre hareketlinin ivme-zaman grafiğini çiziniz.

Çözüm

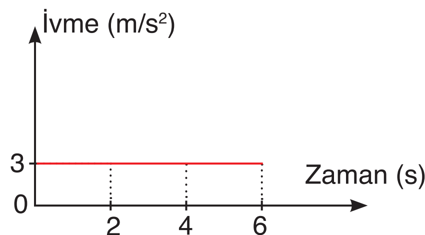
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$\vec{a} = \dfrac{\vec{v}_{son} - \vec{v}_{ilk}}{t_{son} - t_{ilk}}$ eşitliğinde son 2 saniyedeki değerleri yazarak

$$a = \frac{18 - 12}{6 - 4}$$

$a = \dfrac{6}{2} = 3\ m/s^2$ bulunur. Bu işlem her iki saniyelik aralık için hep aynı değeri verir.

Bu durumda ivme zaman grafiği aşağıdaki gibi çizilir.



Örnek

Aşağıdaki tabloda, belirli zaman aralıklarında hız değerleri verilen doğrusal yörüngede hareketli cisim, düzgün yavaşlayan hareket yapmaktadır.

Zaman (s)	t = 0	2	4	6
Hız (m/s)	30	20	10	0

Buna göre hareketlinin ivme-zaman grafiğini çiziniz.

Çözüm

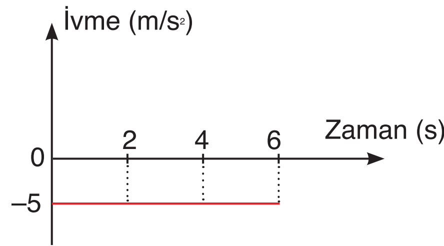
$\vec{a} = \frac{\triangle \vec{v}}{\triangle t}$

$\vec{a} = \frac{\vec{v}_{son} - \vec{v}_{ilk}}{t_{son} - t_{ilk}}$ eşitliğinde son 2 saniyedeki değerler yazılarak

$a = \frac{0 - 10}{6 - 4}$

$a = \frac{-10}{2} = -5\ m/s^2$ bulunur. Bu işlem her iki saniyelik aralık için hep aynı değeri verir.

Bu durumda ivme-zaman grafiği aşağıdaki gibi çizilir.



Anlık Hız Kavramı

Hareketlilerin verilen zaman aralıklarında aldıkları yollar skaler büyüklük olan süratlerini verirken belirli bir zaman aralığında yaptıkları yer değiştirmeler de ortalama hızlarını gösterir. Anlık sürat ve hız değerleri ise belirli bir sürece ait büyüklükler olmayıp o ana ait değerlerdir. Örneğin 8 saniyelik zaman aralığında ortalama hızı 20 m/s olan bir aracın 5. saniyedeki hızı 6 m/s olabilir. Bu hız değeri o an için anlık hız değeridir. Anlık hız çok küçük zaman aralığındaki ortalama hız olarak tanımlanır. Anlık hızın büyüklüğü her zaman anlık sürate eşittir. Sürat göstergesi anlık hızın büyüklüğünü gösterir.

3.1.6. Hareket Görecelidir

Gündelik hayatta çevremize baktığımızda birçok varlığın hareket hâlinde olduğunu gözlemleriz. Bu hareketi insanlarda, hayvanlarda, yollardaki taşıtlarda, havadaki uçakta ve daha birçok olayda görebiliriz. Hareket cisimlerin sabit kabul edilen bir noktaya göre konumunun değişmesi olarak tanımlanır. Bu

sabit noktaya referans noktası veya orijin denir. Ancak sabit nokta var mıdır? Örneğin Görsel 3.8 a'da rüzgâr türbinleri, Görsel 3.8 b'de bulunduğu yere kök salmış ağaçlar, Görsel 3.8 c'de yere metrelerce temel atılarak inşa edilen dev binalar gerçekten durmakta mıdır?

Görsel 3.8: a. Rüzgâr türbinleri b. Ağaçlar c. Binalar

Referans noktası olarak kabul edilen noktanın durmakta olduğunu iddia etmek doğru olur mu? Yukarıda sözünü ettiğimiz cisimlere Dünya'nın dışından bakan gözlemciler olsak yine aynı şeyleri söylememiz mümkün olur muydu? Bir eksen etrafında dönmekte olan Dünya'daki sözünü ettiğimiz cisimlerin Dünya dışında bir noktada durmakta olan bir gözlemciye göre hareketli olduğu unutulmamalıdır. O hâlde çevremizdeki her şey, durgun hâlde gördüklerimiz bile aslında hareket hâlindedir. Mutlak anlamda sabit bir nokta yoktur.

Makro sisteme baktığımızda MÖ 12.000 yılında bir kutup yıldızı olan Vega Yıldızı Güneş'ten sonra fotoğrafı çekilen ilk yıldızdır. Michigan (Mişigın) Üniversitesinden John Monnier'in (Can Moniyer) ekibi Vega Yıldızı'nın kendi ekseni etrafındaki dönme süresinin 12 saat olduğunu belirlemiştir. Ayrıca Güneş sistemimizin de Vega Yıldızı'na doğru hareketli olduğu gözlemlenmiştir.

Evrende çok sayıda gök ada vardır. Bunlardan Dünya'mızın da içinde bulunduğu gök ada "Samanyolu" olarak adlandırılır. Samanyolu gök adasına yandan bakıldığında ortası şişkince bir disk veya mercek gibi görünmektedir. İki ana spiral kol şeklinde olan ve kollarından birinde Güneş'in de bulunduğu Samanyolu gök adası da kendi etrafında dönmektedir.

Mikro sistemde de sürekli hareket vardır. Madde atomları bulundukları konumda titreşmekte, elektronlar ise çekirdek etrafında ve kendi çevrelerinde dönmektedir. Her şey böyle hareketli iken bir cismin veya sistemin durumu ve hareketi tanımlandığında neye göre olduğu önem kazanır. Gözlemlerinizden ve yukarıdaki açıklamalardan yararlanarak hareketin göreceli olduğu sonucunu çıkarabilirsiniz. Hareketin tanımı, hareketi gözlemleyen gözlemciye göre olmaktadır.

Görsel 3.9: Yürüyen merdivenleri kullanan çocuk ve babası

Görsel 3.9'daki yürüyen merdiveni kullanan çocuk ve babasının hareketini inceleyelim. Çocuğa göre babası, yanında sabit

durmaktadır. Oysa yerde durmakta olan bir gözlemciye göre çocuk ve babası bandın ilerleme yönünde, bandın hızıyla hareketlidirler. Buna göre bir cismin hareketli olup olmadığı gözlemciye göre değişmektedir.

Hareketin bu şekilde göreceli olması tanımlamalarda farklılıklar ortaya çıkarabilir. Bu nedenle bilimsel ifadelerde nesnelerin hareketlerinin nereye göre olduğu belirtilir. Örneğin bir tren vagonu içerisinde yürüyen kişinin hızı trene göre ve yere göre olmak üzere ikiye ayrılır.

Süreci Değerlendirelim 3-1

Aşağıda parantez içindeki boşluklara verilen cümle doğru ise “D’’, yanlış ise “Y” yazınız.

1) (   ) Kinematik, hareketin nedenini değil, nasıl gerçekleştiğini inceler.

2) (   ) Hareket, cisimlerin sabit kabul edilen bir noktaya göre konumunu değiştirmesidir.

3) (   ) Öteleme, nesnelerin bir nokta etrafında dolanma hareketidir.

4) (   ) Katı madde molekülleri bulundukları yerde titreşim hareketi yapar.

5) (   ) Yol skaler, yer değiştirme vektörel büyüklüktür.

6) (   ) Sürat ve hız alınan yola bağlı hesaplanan büyüklüklerdir.

7) (   ) Konum-zaman grafiklerinde eğim hızı verir.

8) (   ) İvmeli harekete düzgün doğrusal hareket denir.

9) (   ) İvmesi sabit olan cisimler sabit hızla hareket etmektedir.

10) (   ) Hız-zaman grafiklerindeki eğim ivmeyi verir.

11) (   ) Hız-zaman grafiklerinde grafiğin altında kalan alan yer değiştirmeyi verir.

12) (   ) İvme ve hız değişim vektörleri daima aynı yönlüdür.

3.2. KUVVET

3.2.1. Kuvvet Kavramı

Kuvvet cisimlerin hareketinde ve biçiminde değişme meydana getirebilen etkidir. Duran cisimleri harekete geçirebilen, hareket hâlindeki cisimlerin sürat ve hızında, hareket yönünde değişiklik oluşturabilen, cisimleri döndürebilen, onların üzerinde kalıcı veya geçici biçim değişikliği oluşturabilen kuvvet vektörel bir büyüklüktür. Kuvvet tanımlamasında yer alan olabilirlik kuvvet şiddetine, uygulama noktasına ve yönüne göre sonucun değişebileceğini anlatır. Örneğin durmakta olan bir cismi her şiddette kuvvet harekete geçiremez veya bir noktasından sabitlenmiş olmasına rağmen o cisme uygulanacak her kuvvet cismin dönme hareketi yapmasını sağlayamaz.

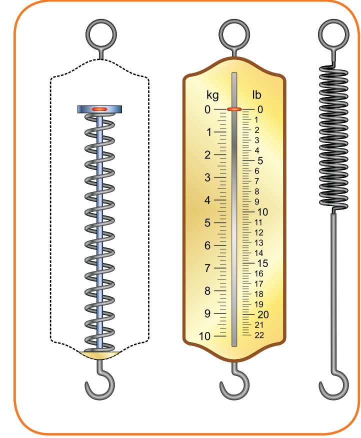
Kuvvet cisimlerin esnek veya esnek olmayan cisimler olarak ayırt edilmesini de sağlar. Yay veya lastik gibi üzerine uygulanan kuvvet geçici şekil değişimi oluşturmuş, kuvvet kaldırıldığında önceki hâline dönmüş cisimler esnek cisim olarak ayrılır. Esnek cisimlerin yardımı ile kuvvet şiddeti ölçümü gerçekleş-

tirilir. Dinamometreler kuvvet şiddetini ölçen araçlardır. Görsel 3.10'da yay yardımı ile kuvvet şiddetini ölçen dinamometrenin iç yapısı gösterilmiştir.

Genel olarak kuvveti F ile gösterip, birimini SI sisteminde newton (nivtın, N) olarak kullanacağız.

Kuvvetler temas kuvvetleri ve temas gerektirmeyen kuvvetler (alan kuvvetleri) olarak ikiye ayrılır.

Temas kuvvetleri: Fiziksel temas sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir. Bu kuvvetler Görsel 3.11 a'daki gibi çivi çakarken çekiçle çiviye, Görsel 3.11 b'deki bir oyunda sopa ile topa, Görsel 3.11 c'deki hareket ettirmek için bir araca, Görsel 3.11 ç'deki hava molekülleri ile bir yelkenliye etkiyen kuvvetler olarak örneklendirilebilir.



Görsel 3.10: Dinamometrenin yapısı

Görsel 3.11: a. Çekiçle çakılan çivi b. Sopa ile vurulan top c. İtilen bir araç ç. Hava moleküllerinin çarptığı yelken

Alan kuvvetleri: İki cisim arasında temas olmaksızın meydana gelen kuvvetlerdir. İki cisim arasındaki etkileşim doğrudan bir temas içermiyorsa bu kuvvete temas gerektirmeyen kuvvet denir. Kütleler arasındaki çekim kuvveti, elektrik yüklerinin birbirine uyguladığı kuvvet, bir mıknatısın başka bir mıknatısa veya çelik parçalarına uyguladığı kuvvet temas gerektirmez.

Görsel 3.12: a. Atomda elektronlarla protonlar b. Mıkratıs ve ataşlar c. Paraşütçüler ve yer

b.

Görsel 3.12 a'da verilen elektronlarla protonların, Görsel 3.12 b'de mıknatısla çelik ataşların ve Görsel 3.12 c'de paraşütle atlayan paraşütçülerle yerin birbirine uyguladığı kuvvetlerde fiziksel temas bulunmamaktadır. Siz de temas gerektiren ve gerektirmeyen kuvvetlere örnekler veriniz.

Doğadaki Temel Kuvvetler

Doğadaki olayları açıklarken dört temel kuvvet karşımıza çıkar. Modern fiziğin kabul ettiği alan etkili kuvvetler; güçlü nükleer kuvvetler, elektromanyetik kuvvetler, zayıf nükleer kuvvetler ve kütle çekim kuvvetleri olarak adlandırılır.

1) Güçlü Nükleer Kuvvetler

Atom çekirdeğindeki protonların ve nötronların dağılmadan bir arada durmasını sağlayan kuvvetlerdir. Güçlü nükleer kuvvetler, temel kuvvetlerin arasında en büyük şiddete sahip olanlardır. Yer çekiminin 10^{38} katı büyüklüğe sahiptir. Atomun yapısının bozulmasında atom bombaları örnek verilirse açığa çıkan enerjinin büyüklüğü, kuvvetlerin büyüklüğünü düşünmemizi kolaylaştırır. Güçlü nükleer kuvvetler yalnızca çekirdekte, atom altı parçacıklar (kuarklar, mezonlar...) arasında bulunur. Bu nedenle menzili kısa ve şiddeti en büyük kuvvetlerdir.

2) Elektromanyetik Kuvvetler

Elektrik kuvveti, yüklü taneciklerin birbirini çektiği veya ittiği alan etkili kuvvettir. Bu kuvvet yüklü bir taneciğin manyetik alanda hareketi esnasında etkisini gösterir. Manyetik alan bir akım makarasındaki tellerde elektron hareketi başladığında ortaya çıkar. Elektrik yüküne etkiyen, menzili sonsuz ancak güçlü nükleer kuvvetlere göre daha zayıf şiddetli kuvvetlerdir.

3) Zayıf Nükleer Kuvvetler

Çekirdekteki parçacıklar arasında bulunan ve bazı atomların çekirdeklerinde kararsızlık oluşturan alan etkili kuvvetlerdir. Kararsızlık oluşturmasıyla radyoaktif bozunmalara, beta ışıması gibi radyoaktif olayların gerçekleşmesine neden olur. Şiddeti her parçacık için aynı olan bu kuvvetler kısa menzillidir. Güçlü nükleer kuvvetlere göre zayıf ancak kütle çekim kuvvetine göre daha şiddetli kuvvetlerdir.

4) Kütle Çekim Kuvveti

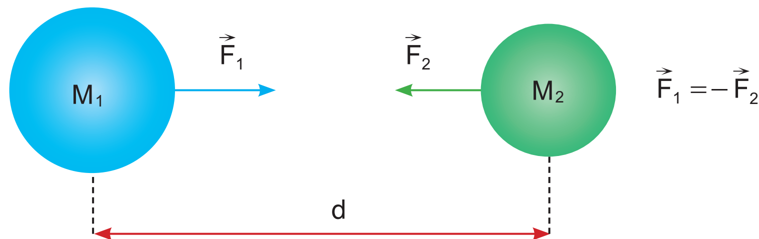
Kütleler arasındaki bu kuvvet, doğadaki en zayıf alan etkili kuvvettir. Parçacığın kütlesine etkiyen menzili sonsuz bu kuvvet ile evrendeki gök adalar, yıldızlar, gezegenler belirli bir yörüngede dolaşır.

Kütle Çekim Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler

Kütle çekim kuvveti, her iki cismin kütleleri ile doğru ve merkezlerini ayıran uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Aralarında d kadar uzaklık bulunan, m_1 ve m_2 kütleli Şekil 3.23'teki iki cismin birbirine uyguladığı kütle çekim kuvveti F,

$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2}$ matematiksel modeli ile bulunur.

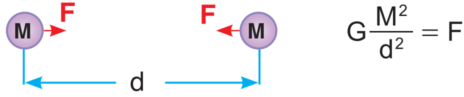
(G: Genel çekim sabitidir.)



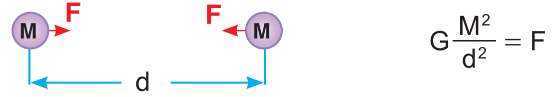
Şekil 3.23: Kütleler arasındaki çekim kuvveti

Kütlelerin birbirine uyguladıkları kuvvet, iki parçacığın merkezlerini birleştiren doğru boyunca etki eden etki-tepki kuvvet çiftini meydana getirir. Bu kuvvetler birbirine eşit büyüklükte ve zıt yöndedir. Bu yüzden $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ dir.

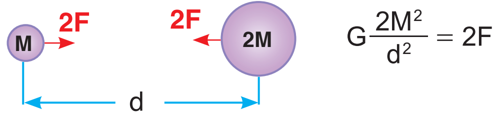
Kütle çekim kuvvetine kütlenin ve aralarındaki uzaklığın etkisini yalnızca bir cisim üzerinde kuvvet göstererek inceleyelim (Şekil 3.24). Her cisim karşısındaki diğer cisme aynı doğrultuda ters yönde, eşit şiddette çekme kuvveti uygulamaktadır.



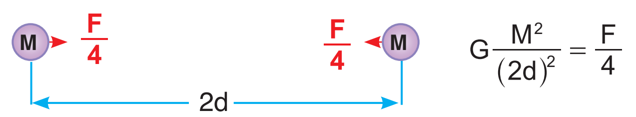
$G\frac{M^2}{d^2} = F$



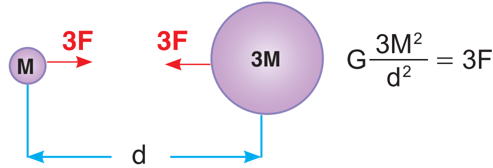
$G\frac{M^2}{d^2} = F$



$G\frac{2M^2}{d^2} = 2F$

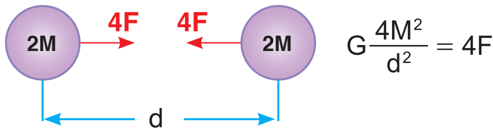


$G\frac{M^2}{(2d)^2} = \frac{F}{4}$

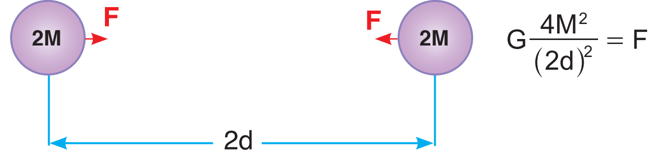


$G\frac{3M^2}{d^2} = 3F$

$G\frac{M^2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = 4F$



$G\frac{4M^2}{d^2} = 4F$



$G\frac{4M^2}{(2d)^2} = F$

Şekil 3.24: Kütle çekim kuvvetine kütlenin ve kütleler arasındaki uzaklığın etkisi

Araştıralım

Dünya'da ekvatorda ve kutuplarda aynı kütleli bir cisme etkiyen Dünya'nın uyguladığı kütlesel çekim kuvvetinin neden değiştiğini araştırınız.

Bilgi İletişim Teknolojisi

Kütle çekim kuvvetinin bağlı olduğu değişkenleri gözlemlemek için aşağıdaki Genel Ağ adresini izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/ePDvzy

Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler

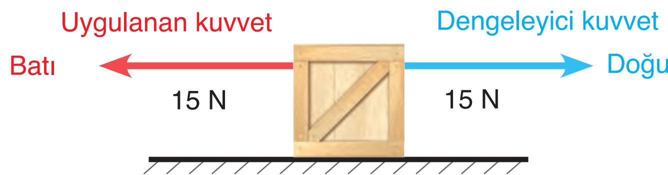
Duran bir sandığa aynı doğrultuda zıt yönlü eşit büyüklükte iki kuvvet uygulandığında cisim hareketsiz kalır. Çünkü bileşke kuvvet (net kuvvet) sıfır olur (Şekil 3.25 a).

Şekil 3.25: Bir cismin üzerine etkiyen kuvvet, cismin hareket etmesine neden olabilir.

Bir sandığa sürtünmesi ihmal edilen bir yüzeyde Şekil 3.25 b'deki gibi batı yönünde 15 N büyüklüğünde bir kuvvet uygulandığını düşünelim. Bu kuvvetin sandığı batı yönünde harekete geçireceği kolaylıkla söylenebilir. Aynı sandık üzerine farklı yönlerde ve büyüklüklerde kuvvetler uygulandığında ise hareketin hangi yöne olacağını söylemek zorlaşır. Bir cisim üzerine sayısız kuvvet aynı anda uygulanabilir. Ancak cisim bir yönde hareket eder. Bu durum, kuvvetlerin oluşturduğu toplam bir etkinin olduğunu ve hareketin bu etki doğrultusu ve yönünde gerçekleştiğini gösterir. Kısacası, cismin hareketini anlayabilmek için o cisme etki eden kuvvetlerin oluşturduğu toplam etkiyi bulmak gerekir. Bu şekilde cisme, aynı anda etkiyen kuvvetlerin yaptığı toplam etkiye **net (bileşke) kuvvet** denir. Bir cisim üzerine bileşkesi sıfırdan farklı olacak şekilde uygulanan kuvvetlere **dengelenmemiş kuvvetler** denir.

Bileşke kuvvet, cismi hareket ettiren kuvvettir. Bu nedenle cismin hareketini engellemek için bileşke kuvvetle aynı doğrultuda fakat ters yönde ve aynı büyüklükte bir kuvvet uygulamak gerekir. Bu şekilde bileşke kuvvete ters yönde ve aynı büyüklükte olan kuvvete **dengeleyici kuvvet** denir. Dengeleyici kuvvet, net kuvvete eşit büyüklükte fakat ters yönde olduğu için net kuvvetin etkisini yok eder. Bu durumda dengeleyici kuvvet uygulandığında cisim üzerine etki eden kuvvetlerin toplamı sıfır olur. Örneğin Şekil 3.26'daki sandığa etki eden dengeleyici kuvveti gösterelim.

Sandığa etki eden dengeleyici kuvvetin etki eden kuvvetle aynı doğrultuda, ters yönde ve aynı büyüklükte olması gerekir. Buna göre dengeleyici kuvvet doğu-batı doğrultusunda, doğu yönünde ve 15 N büyüklüğünde olmalıdır.



Şekil 3.26: Dengeleyici kuvvet, net kuvvete eşit büyüklükte ters yöndedir.

Durmakta olan bir cisim üzerine etki eden kuvvetlerin bileşkesi sıfırdan farklıysa yani cisim dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindeyse cisim öteleme hareketi yapar. Hareketi sağlayan kuvvet, bileşke kuvvettir.

Bir cisim üzerine aynı doğrultu ve yönde birden fazla kuvvet etki etmekte ise bileşke (net) kuvvetin değeri, etki eden bütün kuvvetlerin aritmetik toplamına eşit, yönü ise etkiyen kuvvetlerinki ile aynıdır (Şekil 3.27).

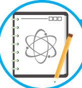
Şekil 3.27: Bir cisim üzerinde etkiyen aynı doğrultu ve yöndeki iki kuvvetin bileşkesi

Şekil 3.27'de aynı cisim üzerinde $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri etki etmektedir. Buna göre net kuvvetin yönü kuvvetlerle aynı, değeri ise $F_{net} = F_1 + F_2$ olur.

Bir cisim üzerine aynı doğrultu ve zıt yönlü iki kuvvet etki ediyorsa bu durumda bileşke kuvvet, etkiyen kuvvetlerin farkına eşit değerde ve büyük olan kuvvetle aynı yöndedir (Şekil 3.28).

Şekil 3.28: Bir cisim üzerinde etkiyen aynı doğrultu ve zıt yöndeki iki kuvvetin bileşkesi

Aynı cisim üzerinde $F_1 < F_2$ değerinde $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri şekildeki gibi etki etmekte ise cisim üzerine etki eden bileşke kuvvetin yönü büyük kuvvet $(\vec{F}_2)$ ile aynı, büyüklüğü ise $F_{net} = F_2 – F_1$ kadardır.



Alıştırma 3-5

Halat çekme oyununda A grubu halatı doğuya doğru, B grubu batıya doğru çekmektedir. Üçer kişiden oluşan gruplardan A'daki oyuncuların kuvvetleri 35 N, 25 N, 10 N; B'deki oyuncuların kuvvetleri ise 20 N, 30 N, 15 N'dır.

Bu kuvvetleri bir şekil üzerinde göstererek net kuvveti hesaplayınız.

Araştıralım – Tartışalım

Kuvvet kavramının bilim tarihindeki anlamlarını çeşitli kaynaklardan araştırınız. Araştırma sonuçlarını sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

Süreci Değerlendirelim 3-2

Aşağıda parantez içindeki boşluklara verilen cümle doğru ise "D'' yanlış ise "Y" yazınız.

1) ( ) Kuvvet temel büyüklüktür.

2) ( ) Kuvvet cisimlere dönme hareketi kazandırabilir.

3) ( ) Dinamometreler ile cisimlerin madde miktarı ölçülür.

4) ( ) Hava moleküllerinin yelkenliyi hareket ettirmesi alan kuvvetlerinin varlığını gösterir.

5) ( ) Manyetik kuvvetler alan kuvvetleridir.

6) ( ) Ağırlık bir alan kuvvetidir.

7) ( ) Atom çekirdeğindeki proton ve nötronların bir arada bulunmasını sağlayan kuvvetlere zayıf nükleer kuvvetler denir.

8) ( ) Çekirdekteki parçacıklar arasında bulunan kuvvetlere güçlü nükleer kuvvetler denir.

9) ( ) Kütle çekim kuvvetinin menzili sonsuzdur.

10) ( ) Elektromanyetik kuvvetlerin menzili sınırlıdır.

3.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI

Hareketli cisimleri ele aldığımızda hızlarının sabit olmasını veya değişmesini, gerekçesini açıklamadan incelemiştik. Bu bölümde kuvvet ve kuvvetin cisim üzerinde etkilerini incelemeye başladık. Sabit hızlı veya hız şiddeti değişen doğrusal yörüngedeki hareketi kuvvete dayalı olarak açıklayacağız. Hareketi kuvvet etkisinde inceleyen fizik dalına dinamik denir. Newton'ın Hareket Yasaları bu konuda karşılaştığımız tüm hareketleri açıklayabilecek içeriktedir.

3.3.1. Dengelenmiş Kuvvetlerin Etkisindeki Cisimlerin Hareket Durumları

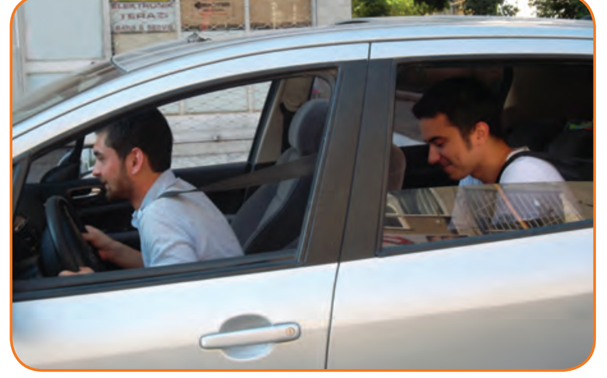
Cisim üzerine etkiyen kuvvetlerin dengelenmiş olması, cismin etkisinde kaldığı kuvvetlerin bileşkesinin sıfır olması durumudur. Bu kuvvetlere cismin ağırlığı da dâhildir. Biz bu bölümde bileşke kuvveti net kuvvet olarak da ifade edeceğiz.

Denge durumundaki cisimler durmakta olan veya hareketli ise sabit hızla hareket eden cisimlerdir.

Şekil 3.29: Duran veya sabit hızla hareket eden cisimler

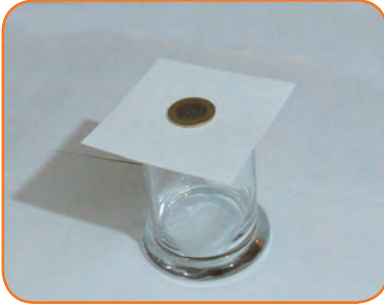
Şekil 3.29'daki gibi duran K ve sabit hızla hareket eden L cisimleri dengededir. Dengelenmiş kuvvetler etkisindeki bu cisimlerin denge durumlarını sürdürme eğilimlerine cisimlerin eylemsizliği adı verilir. Duran cisimler durmaya devam etmek isterken hareket hâlinde sabit hızla hareket eden cisimler de hızlarını korumak ister.

Bu duruma günlük hayattan verilecek en sık yaşanılan örnek, duran bir aracın harekete geçmesi esnasında araç içindeki yolcuların hareket yönüne ters yönde arkaya doğru yaslanmalarıdır. Bu durum, cismin eylemsizlik özelliğini kullandığının göstergesidir. Sabit bir hızla hareketli araçta, yolcular da araç hızına sahiptir. Fren yapılarak araç hızı değiştirildiğinde yolcuların öne doğru eğildiği, frenden önce sahip oldukları hızla yollarına devam etme eğiliminde oldukları görülür (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Fren yapan araçtaki yolcular hareketlerine devam etme eğilimi gösterirler.

Bir bardağın üzerine bir kâğıt ve kâğıdın üzerine bir metal para koyalım. Kâğıdı hızla çektiğimizde para, bardak içine düşecektir (Görsel 3.14). Bu durumda para ilk durumunu korumak istemiştir. Günlük hayattan verdiğimiz bu örnekler Newton'ın Eylemsizlik Yasası kapsamındadır.



Görsel 3.14: Karton hızla çekildiğinde para yatay olarak yer değiştirmez, bardağın içine düşer.

Bir cisim üzerindeki net kuvvet, o cisim üzerine etki eden tüm kuvvetlerin vektörel toplamıdır. Newton'ın Birinci Yasası bu vektörel toplam sıfır ise cismin hareket durumunun değişmeyeceğini söyler. Buradan iki sonuç çıkartılabilir. Birincisi hareket etmeyen bir cismin üzerine bir net kuvvet etki edinceye kadar hareket etmeyeceğidir. İkincisi de hareketli bir cismin üzerine net bir kuvvet etki etmedikçe hızını değiştirmeyeceği (ivmelenmeyeceği) olacaktır.

Tarihte önemli bir yer tutan bilim insanlarından İbn-i Sina hareket ve kuvvet konusunda Newton'ın Eylemsizlik Yasası'ndan önce bu yasaya uygun görüşler bildirmiştir. Aristoteles'in görüşüne göre bir cisme etkiyen kuvvet kaldırıldığında cismin hareketini sürdürmesinin nedeni havadır. Ancak Aristoteles havaya, hareketi sürdürme ve harekete direnme gibi birbirine ters düşen görevler vermiştir. İbn-i Sina bu anlayışı eleştirmiş, havanın şiddetinin cisimleri taşımaya yetmeyeceğini öne sürmüştür. Cisme kuvvet etkimediği halde hareket sürüyorsa bunun nedeni kasri meyil (güdümlenmiş eğim) yani cisimlere kazandırılan hareket etme eğilimi olduğu sonucuna varmıştır. Bir başka ifade ile İbn-i Sina, herhangi bir cisim

bir engelle karşılaşmıyorsa onun hareketinin sürekli olduğunu söylemektedir.

Güdümlenmiş eğim büyüklüğünü de tanımlamıştır.

Güdümlenmiş eğim = Hız x Kütle

olarak ifade edilmiştir ki bu eşitlik bugün fizikte kullanılan momentum büyüklüğüdür.

Kısaca İbn-i Sina, Newton'ın Hareket Yasaları'nın temelini atan bilim insanıdır. Eylemsizlik, içinde bulunduğumuz Dünya'da gözlemlenemez ancak ideal koşullar altında böyle bir durum meydana getirilebilir.

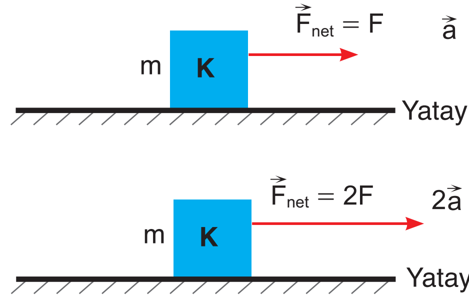
Bu ilkeye göre kendi hâline bırakılan cisim, herhangi bir kuvvet etkisinde kalmadığı sürece durumunu korur yani hareket hâlinde ise hareketine, durağan hâlde ise durağanlığına devam eder.

Araştıralım – Tartışalım

Araçlarda emniyet kemerlerinin ne amaçla kullanıldığını araştırınız. Emniyet kemeri kullanımının Newton'ın Eylemsizlik Yasası ile ilişkisini araştırarak çalışmalarınızın sonuçlarını sınıf ortamında tartışınız.

3.3.2. Kuvvet, İvme ve Kütle Kavramları Arasındaki İlişki

Bir cisme etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfır değilse yani cisim net bir kuvvetin etkisinde kalıyorsa Şekil 3.30'daki gibi hızını değiştirerek ivmeli hareket yapar. Net kuvvet arttıkça cismin ivmesi de artar.



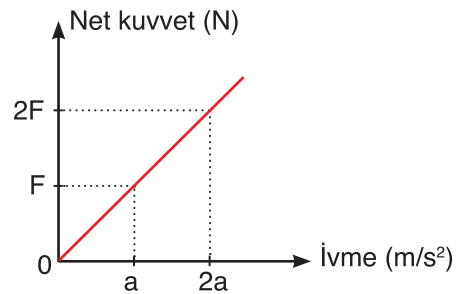
Şekil 3.30: Net kuvvet etkisinde kalan cisimler ivmeli hareket yapar.

Yapılan deneyler, net kuvvetle ivme oranının sabit olduğunu göstermiştir (Şekil 3.31). Net kuvvet hangi oranda değişirse ivme de o oranda değişir. Bu oranın cismin kütlesine eşit olduğu anlaşılmıştır. Kuvvet, kütle ve ivme arasındaki ilişkiyi aşağıdaki bağıntılarla gösterebiliriz.

$$\text{Eğim} = \frac{2\vec{F}}{2\vec{a}} = \frac{\vec{F}}{\vec{a}}$$

$$\text{Eğim} = \frac{\vec{F}_{net}}{\vec{a}}$$

$$\frac{\vec{F}_{net}}{\vec{a}} = m$$



Şekil 3.31: Net kuvvet-ivme grafiği

Bir cisme etkiyen net kuvvet ile bu kuvvetin cisme kazandırdığı ivme arasındaki sabit orana cismin **eylemsizlik kütlesi** denir.

$\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a}$

Newton'ın İkinci Yasası ivmeli hareket eden bütün cisimlerin net kuvvet etkisinde kaldığını anlatır. Tablo 3.5'te kütle, ivme ve kuvvet birimleri verilmiştir.

Tablo 3.5: Kütle, ivme ve kuvvet birimleri

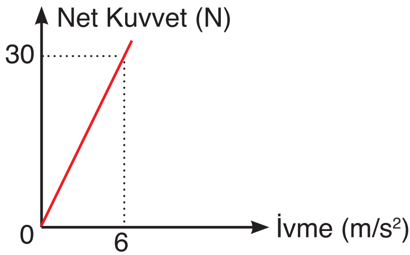
Büyüklük	Birim
Kütle	Kilogram (kg)
İvme	$\frac{\text{metre}}{\text{saniye}^2}$ (m/s²)
Kuvvet	Newton= $\frac{\text{kilogram} \cdot \text{metre}}{\text{saniye}^2}$ ($N = kg \cdot m/s^2$)

Bilgi İletişim Teknolojisi

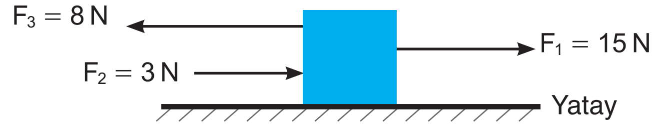
Kuvvet, ivme ve kütle arasındaki ilişkiyi aşağıdaki Genel Ağ adresinden izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/727jf5

Örnek



Şekil 1



Şekil 2

Şekil 1'de net kuvvet-ivme grafiği verilen sürtünmesiz yatay düzlemdeki cisme, Şekil 2'deki gibi aynı doğrultuda $F_1 = 15$ N, $F_2 = 3$ N ve $F_3 = 8$ N kuvvetleri uygulanıyor. Buna göre cismin ivmesinin büyüklüğünün kaç m/s² olduğunu bulunuz.

Çözüm

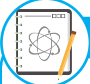
Cismin kuvvet-ivme grafiğindeki eğimden kütlesi bulunabilir.

$m = \frac{\vec{F}_{net}}{\vec{a}}$ ise $m = \frac{30}{6} = 5$ kg bulunur.

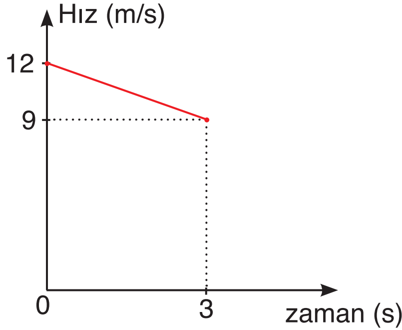
Şekil 2'deki gibi cisme etkiyen kuvvetlerin bileşkesi (net kuvvet),

$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ ise $F_{net} = 15 + 3 - 8 = 10$ N'dır.

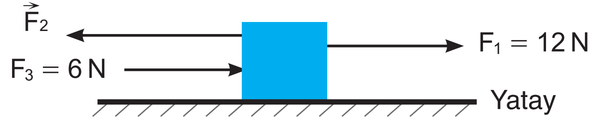
$a = \frac{10}{5} = 2$ m/s² dir.



Alıştırma 3-6



Şekil 1



Şekil 2

Şekil 1'de hız-zaman grafiği verilen sürtünmesiz yatay düzlemdeki 4 kg'lık cisme aynı düzlemde Şekil 2'deki kuvvetler uygulanıyor. Buna göre $\vec{F}_2$ kuvvetinin kaç N olduğunu bulunuz.

Yer Çekimi İvmesi ve Ağırlık

Cisimlerin kütlelerinin temel ve skaler bir büyüklük olduğunu, bulunulan yere bağlı değişmediğini ikinci ünitede belirtmiştik. Kütle çekim kuvveti, evrendeki tüm cisimler arasında bulunan bir kuvvettir. Bu durumda yer de yeryüzünde bulunan kütlelere bir kuvvet uygulamaktadır. Yerin cisimlere uyguladığı çekme kuvvetine ağırlık $(\vec{G})$ denir. Bu kuvvetin şiddeti, cismin kütlesine ve bulunduğu yere göre değişir.

$$\vec{G} = m \cdot \vec{g}$$

Yerin çekim alanı veya yer çekimi ivmesi $(\vec{g})$ her yerde birbirinden farklı değerler alır. Yerin çekim alanı; bulunulan gezegenin kütlesine ve bulunulan noktadan yer merkezine uzaklığa bağlı olarak değişir. Gezegen küresel değil ise aynı gezegende farklı yerlerde farklı değerler alır. Dünya'nın kutuplardan basık bir şekle sahip olduğu düşünülürse yer çekimi ivmesi Dünya'da, ekvatordan ve kutuplarda farklı büyüklük gösterir. Yer çekimi ivmesi yeryüzeyinden yer merkezine doğru gidildikçe azalır ve merkezde sıfır olur. Yeryüzeyinden sonra yer merkezine uzaklık arttıkça da azalır.

Ekvatorda yer merkezine uzaklık en büyük, yer çekimi ivmesi (g) en küçük, kutuplarda yer merkezine uzaklık en küçük g yer çekimi ivmesi de en değerini alır. Yer çekimi ivmesinin değişmesi, cismin ağırlığının bulunduğu yere göre değişeceğini gösterir. Ancak cismin kütlesi hiçbir yerde değişmez. Biz Dünya'da, yeryüzeyinde bulunan bir cisim için yer çekimi ivmesini Dünya'nın kütlesine ve ortalama yarıçapına bağlı olarak yaklaşık $g \cong 10\ m/s^2$ olarak kabul edilir. Bu durumda kütlesi 5 kg olan bir cismin ağırlığı yani yerin cisme uyguladığı çekim kuvveti,

$\vec{G} = m \cdot \vec{g}$ eşitliğinden

$G = 5 \cdot 10 = 50$ N bulunur.

Ağırlık kuvvet olduğuna göre ağırlık ölçerler kuvvet ölçen dinamometrelerdir.

3.3.3. Etki-Tepki Kuvvetleri

Bir duvara fırlattığınız top, duvara çarpıp geri döner. Bir ucundan sabitlenmiş yay diğer ucuna uyguladığınız kuvvetle uzamaya başladığında elinize ters yönlü kuvvet etkidiğini fark edersiniz. Buz üzerinde paten kayan biri diğerine kuvvet uygulayıp iterse kendisinin de zıt yönde hareket ettiği görülür. Bu örnekler etkileşen cisimlerin birbirine kuvvet uyguladığını gösterir. Etkileşen cisimlerin birbirine uyguladığı

kuvvetlere etki-tepki kuvvetleri denir. Bir cisme, bir kuvvet etkiyorsa cisimden kuvvete doğru eşit büyüklükte ve zıt yönde bir tepki kuvveti oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken bu kuvvetlerin aynı doğrultu üzerinde olduğudur. Bu yasa çoğu zaman şu cümle ile basitleştirilebilir "Her etkiye karşılık ona eşit ve zıt yönlü bir tepki vardır." (Görsel 3.15). Eğer bir A cismi, bir B cismi üzerine bir kuvvet uyguluyorsa B cismi de aynı anda A üzerine aynı büyüklükte bir kuvvet uygular; öyle ki uygulanan bu kuvvetler aynı doğru üzerinde yer alır.

Görsel 3.15: Her etki, eşit ve zıt yönlü bir tepkiye neden olur. a) Aralarında top buyunan çocuklar b) Bilek güreşi

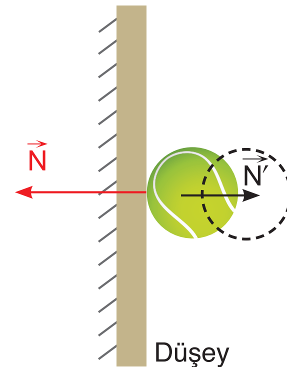
Hafif bir cismi kolayca itebiliriz. Ağır cisimleri itmek için daha büyük kuvvet gerekir. Bir kişi, trambolin üzerine atladığında trambolinin yaylarını aşağı doğru sıkıştırır. Yaylar eski durumuna dönerken kişi yukarı doğru fırlar. Bu olay tekrarlandığında kişi bir aşağı bir yukarı hareket eder (Görsel 3.16). Bunlar etki-tepki kuvvetleri sonucudur. Roketler, geri tepmeli silahlar, bahçe fıskiyeleri etki-tepki prensibine göre çalışan sistemlerdir. Yukarıda verilen örneklere göre etki-tepki kuvvetlerinin birbirine eşit, zıt yönlü ve farklı cisimler üzerine olduğu sonucunu çıkarabilirsiniz.

Görsel 3.16: Trambolin üzerine atlayan kişi bir aşağı bir yukarı hareket eder.

Bir top, Şekil 3.32'deki gibi duvara çarptığında geri dönüyorsa hareketine ters yönde kuvvet etkisinde kalmış olmalıdır. Newton'ın 3. Yasası bu kuvvetlerin aynı doğrultuda, eşit şiddette ve ters yönlü olduğunu söyler. Etki kuvvetine $\vec{N}$, tepki kuvvetine $\vec{N'}$ dersek

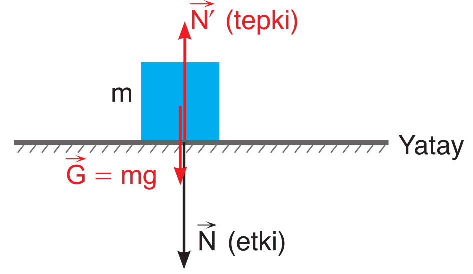
$\vec{N} = -\vec{N'}$ şeklinde yazılır.

Ancak etki ve tepki kuvvetlerinin farklı cisimler üzerinde olduğu unutulmamalıdır. Farklı cisimler üzerinde olmaları bileşkelerinin alınamayacağını gösterir.



Şekil 3.32: Topun duvara uyguladığı kuvvete karşılık duvar da topa kuvvet geliştirir.

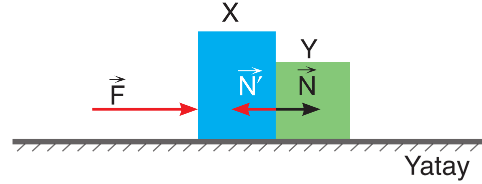
Şekil 3.33'teki $\vec{G}$ ağırlıklı cisme, ağırlığı $\vec{G}$ ve zemin tepkisi $\vec{N'}$ etkimektedir. $\vec{N}$ kuvveti ise cismin zemine uyguladığı etki kuvvettir. Görseldeki gibi cisme dışarıdan etki eden başka bir kuvvet yoksa $\vec{N}$, $\vec{G}$ ye eşittir.



Şekil 3.33 :Yatay bir zemin üzerindeki cisme ve zemine etkiyen kuvvetler

Şekil 3.34'teki sürtünmesiz yatay düzlemde bulunan X cisminin Y cismine uyguladığı kuvvet $\vec{N}$, Y cisminin X cismine geliştirdiği tepki kuvveti ise $\vec{N'}$ dür.

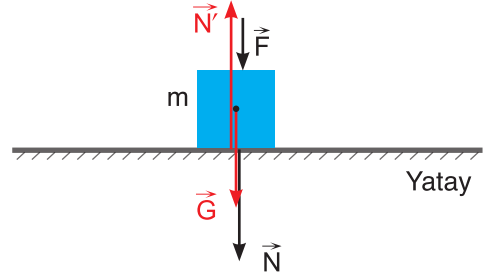
X ve Y cisimlerinin ağırlığı zemin tepkisi ile sıfırlandığından düşey doğrultuda bileşke kuvvet sıfır olur. Sistemi F kuvveti hareket ettirerek ivme kazandırır.



Şekil 3.34: Birbirine dayalı cisimlerde etki ve tepki kuvvetleri

Şekil 3.35'teki cisme düşey aşağı yönde uygulanan F kuvveti zemine etkiyen kuvveti değiştirir.

$\vec{N} = \vec{F} + \vec{G}$ olur. Bu durumda cisme zeminden gelen tepki kuvveti de $\vec{N'} = -(\vec{F} + \vec{G})$ olacaktır.



Şekil 3.35: Yatay zemindeki cisme dışarıdan kuvvet uygulandığında etki ve tepki kuvvetleri

Araştıralım

1) Yandaki görselde verilen uçak sabit hızla hareketlidir. Buna göre uçağın etkisinde kaldığı kuvvetleri belirterek eylemsizliği yenebilmesi için neler yapılabileceğini defterinize yazınız.

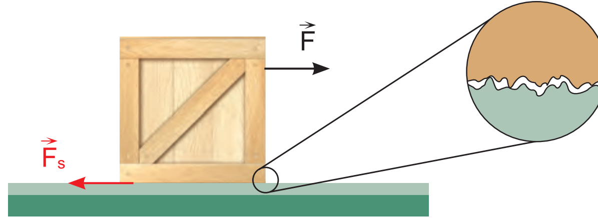
2) Bir savaş uçağının havalanması için birçok kuvveti yenmesi gerekir. Havalanan uçağın yaptığı hareket ivmeli bir hareket midir? Defterinize yazınız.

3.4. SÜRTÜNME KUVVETİ

Cisimler hava, su gibi belirli bir yoğunluğu bulunan bir ortam içerisinde veya bir yüzey üzerinde hareketli iseler çevreleri ile etkileşimlerinden dolayı hareketlerine karşı direnme kuvveti doğar. Bu direnme kuvvetini sürtünme kuvveti olarak adlandırırız.

3.4.1. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler

Sürtünme kuvveti cisimlerle bulundukları yüzeylerin pürüzlü yapısından ve yüzeyleri oluşturan atomlar arasındaki etkileşimden doğan bir kuvvettir.



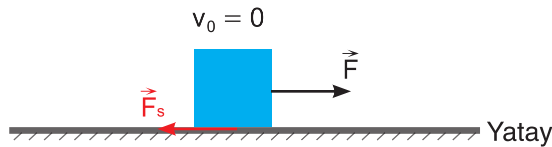
Şekil 3.36: Yüzeyler mikroskobik boyutta girinti ve çıkıntılar içerir.

Yüzeyler ne kadar pürüzsüz görünse de Şekil 3.36'daki gibi mikroskobik boyutta girinti ve çıkıntılar içerir. Birbirine ağırlık veya herhangi bir kuvvetle basılan cisimlerin girinti ve çıkıntıları birbirinin içerisine geçer. Hareket için bu girinti ve çıkıntıların eğilmesi veya kırılması gerekir. Kayarak öteleme hareketi yapan cisimlerde bu işlem daha zor iken yuvarlanan cisimlerde iç içe geçen kısımların ayrılması daha kolay olur. Arabalarda kullanılan tekerleklerin olmasının nedeni de bu farklılığa dayanır.

Duran cisimler, harekete zorlandıklarında sürtünme kuvveti etkisinde kalırlar. Herhangi bir zeminde hareket eden cisimler ise hareketleri sürerken sürtünme kuvvetinin etkisindedirler.

Duran cisimler Şekil 3.37'deki gibi harekete zorlandığında hareket başlamıyorsa cisme etkiyen ve $\vec{F}$ kuvvetinin etkisini ortadan kaldıran ikinci bir kuvvet olmalıdır.

Duran cismin harekete geçmesini engellemeye çalışan bu kuvvete **statik sürtünme kuvveti** $(\vec{F}_s)$ denir. Statik sürtünme kuvvetinin sabit bir değeri yoktur. Ancak hareket başlamıyor, cisim durmaya devam ediyor, hızı değişmiyorsa etkisinde kaldığı kuvvetlerin bileşkesi sıfırdır.



$\vec{F}_s$: Statik sürtünme kuvveti

Şekil 3.37: Duran cismin harekete geçmesini engellemeye çalışan statik sürtünme kuvvetidir.

Öteleme hareketi yapan cisimler de sürtünme kuvveti etkisindedirler.

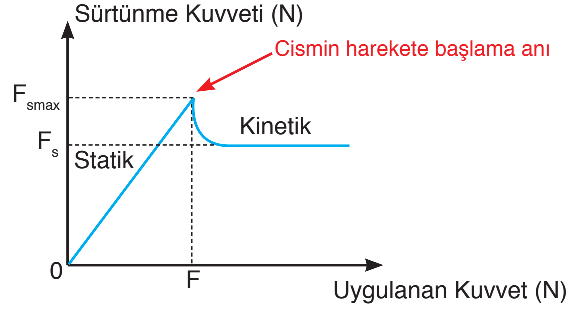
$\vec{F}_s$: Kinetik sürtünme kuvveti

Şekil 3.38: Yatay zeminde yavaşlayan hareket yapan cisim kinetik sürtünme kuvveti etkisindedir.

Şekil 3.38'deki gibi cisimlerin hareketini engellemeye çalışan bu kuvvete de **kinetik sürtünme kuvveti** denir. Kinetik sürtünme kuvveti sadece yavaşlayan hareket yapan cisimleri değil sabit hızlı ve hızlanan hareket yapan cisimleri de etkiler.

Statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerinin ayrımını yapmak için Şekil 3.39'daki grafiği inceleyelim. İncelediğimiz grafikte F_s: kinetik sürtünme kuvveti, $F_s$max; statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerini göstermektedir.

Şekil 3.39'da verilen grafikteki gibi duran cisim harekete zorlanmadığı sürece sürtünme kuvveti oluşmaz. Harekete zorlayıcı kuvvet uygulandığında oluşur. Ancak statik sürtünme kuvveti $(\vec{F})$ kuvveti ile ters yönlüdür. Hareket başlamadan önce uygulanan kuvvetin $(\vec{F})$ şiddeti arttıkça statik sürtünme kuvvetinin şiddeti de artar. Statik sürtünme kuvvetinin alabileceği maksimum değer aşılmadan cismin harekete başlaması mümkün olmaz. Ancak grafikten de görüldüğü gibi hareket başladıktan sonra sürtünme kuvvetinin şiddeti azalma gösterecektir.



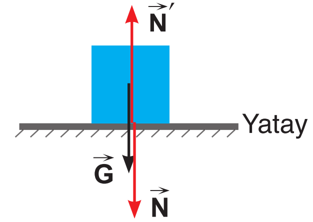
Şekil 3.39: Sürtünme kuvvetinin uygulanan kuvvete bağlı değişimi.

Cisim durgunken oluşan statik sürtünme kuvveti, cisim hareketliyken oluşan kinetik sürtünme kuvvetinden büyüktür.

Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü ise

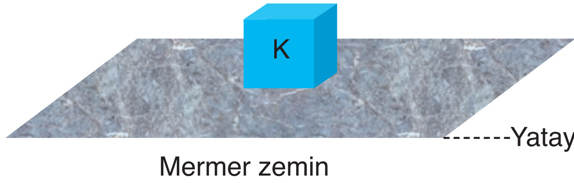
1) Cismi yüzeye dik bastıran etki kuvvetinin büyüklüğü (N) ile doğru orantılıdır.

Yatay bir zeminde dışarıdan kuvvet uygulanmadığı durumda $N = G = m \cdot g$ büyüklüğünde olur (Şekil 3.40). Ancak, dışarıdan kuvvet uygulandığında N kuvveti cismin ağırlığı kadar olmayabilir.

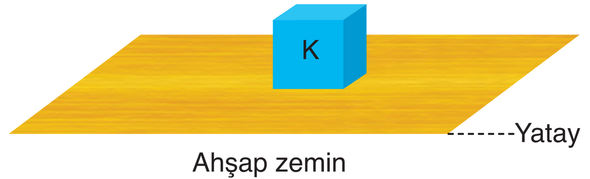


Şekil 3.40: G ağırlıklı cismi yatay zemine dik bastıran kuvvet, ağırlığı kadardır.

2) Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü aynı zamanda yüzeylerin cinsine bağlı olarak da değişir.



Mermer zemin



Ahşap zemin

Şekil 3.41: Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin cinsine bağlıdır.

Örneğin Şekil 3.41'deki gibi ahşap ve mermer zemin üzerindeki K cismine aynı büyüklükte sürtünme kuvveti etkimez.

3) Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü sürtünen yüzeylerin özelliğine bağlıdır.

Zımparanlanmış tahta zemin

Zımparalanmamış tahta zemin

Şekil 3.42: Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin özelliğine bağlıdır.

Şekil 3.42'deki gibi aynı cisim, aynı cins ancak farklı özellik gösteren zımparalanmış veya zımparalanmamış tahta zeminde farklı büyüklükte sürtünme kuvvetlerinin etkisinde kalır. Cins ve özelliğe bağlı

k sürtünme katsayısı, statik ve kinetik sürtünme katsayıları olarak farklı değerler alır. Bu durumda sürtünme kuvvetinin büyüklüğü,

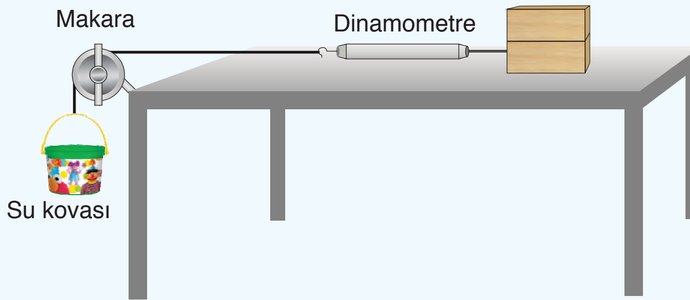
$F_s = k \cdot N$ eşitliği ile bulunur.

Sürtünme katsayısının zemin özelliklerine bağlı değişiminde zeminin kuru veya ıslak olmasının da etkili olduğu görülmektedir. Islak bir zeminde pürüzler arasını dolduran su kütlesi sürtünme katsayısının azalmasına neden olur. Bu nedenledir ki yağışlı havalarda aynı yolda fren yapan bir aracın durma mesafesi artar. Yağışlı havalarda yüksek hızla hareketin sakıncası bu durumdan kaynaklanmaktadır.

Statik sürtünme kuvvetinin değişimini Deney 3-2'yi yaparak görmek mümkündür.

Deney 3-2

Hangi Sürtünme Kuvveti Daha Büyüktür?



Araç ve Gereçler

- Sürtünme takozu (2 adet)
- Dinamometre
- İp (1 m)
- Masa kıskacı
- Makara
- Oyuncak plastik kova
- Su

Deneyin Uygulanışı

1. Şekildeki düzeneği kurduktan sonra aşağıdaki çizelgeyi defterinize çiziniz.

2. Suyu, yavaş yavaş kovaya dökerken dinamometrenin gösterdiği değeri belirli aralıklarla birkaç kez okuyunuz. Okuduğunuz değeri çizelgenize yazınız.

3. Takoz, harekete başladığı an dinamometrenin gösterdiği değeri okuyarak çizelgenize kaydediniz.

4. Takoz, hareket hâlindeyken dinamometrenin gösterdiği değeri tekrar okuyarak çizelgenize kaydediniz.

Okuma zamanı	Okunan değer
1. okuma	
2. okuma	
Harekete başladığı an	
Hareket hâlindeyken	

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Takoz, harekete başlamadan önce dinamometreden okuduğunuz değerler arasında fark var mı? Varsa bunun anlamı nedir?

2. Takoz, harekete başladığı anda ve hareket ederken dinamometrenin gösterdiği değerler farklı mı? Farklı ise bunu nasıl açıklarsınız?

3. Takoza etki eden statik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü ile kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü karşılaştırınız. Ulaştığınız sonucu belirtiniz.

4. Elde ettiğiniz verilerle nasıl bir matematiksel model geliştirirsiniz? Oluşturduğunuz matematiksel eşitliği yorumlayınız.

Tahta takozun harekete başladığı andaki dinamometrede okuduğunuz değer ile hareket halindeyken okuduğunuz değer birbirinden farklı çıktı. Bunun sebebi sürtünme katsayısının hareket halinde

azalmasıdır. Bu farklılığı belirtmek için duran cisimler için statik, hareket halindeki cisimler için kinetik sürtünme katsayısı ifadesi kullanılır. Tablo 3.6'da görüldüğü gibi aynı yüzler için kinetik sürtünme katsayıları statik sürtünme katsayılarından küçüktür.

Tablo 3.6: Bazı cisimler için statik ve kinetik sürtünme katsayıları

Maddeler	Statik Sürtünme Katsayıları (k_s)	Kinetik Sürtünme Katsayıları (k_K)
Çelik üzerinde çelik	0,74	0,57
Çelik üzerinde alüminyum	0,61	0,47
Çelik üzerinde bakır	0,53	0,36
Beton üzerinde lastik	1	0,8
Tahta üzerinde tahta	0,25-0,5	0,2
Cam üzerinde cam	0,94	0,4
Islak kar üzerinde cilalı tahta	0,14	0,1
Metal üzerinde metal (yağlanmış)	0,15	0,06
Buz üzerinde buz	0,1	0,03
Teflon üzerinde teflon	0,04	0,04
İnsanda eklem bağlantıları	0,01	0,003

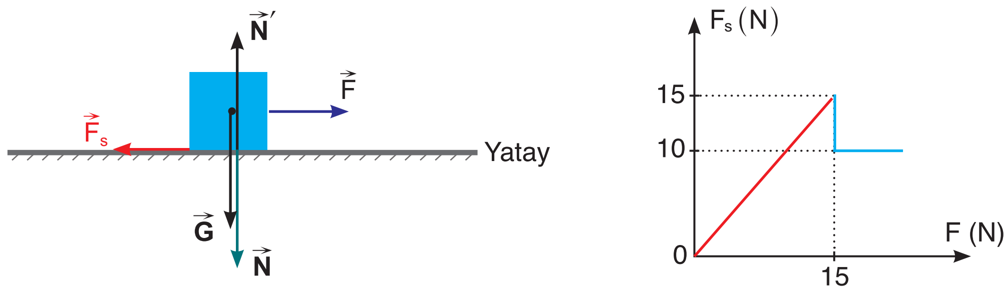
Sürtünme kuvveti, cisim üzerine uygulanan kuvvet ile aynı doğrultuda ve zıt yöndedir. Eğer cisim duruyorsa, sürtünme kuvveti ve cisme uygulanan kuvvet eşit veya kuvvet sürtünme kuvvetinden daha küçüktür.

Sürtünme kuvveti ile ilgili sizin yaptığınıza benzer deneylerin sonucu matematiksel modelleme yöntemi ile ifade edilmek istendiğinde yüzey cinsini ve özelliğini gösteren bir değer (katsayı) ile cismin ağırlığı kullanılır.

Buna göre sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, k sürtünme katsayısı ve cismin ağırlığına bağlı olarak

$F_s = k \cdot m \cdot g$ eşitliği ile bulunur.

Yatay bir zeminde durmakta olan bir cisme Deney 3.2'de olduğu gibi düzgün artan bir çekme kuvveti uygulayalım. Uyguladığımız kuvvet F=15 N oluncaya kadar sürtünme kuvveti de Şekil 3.43'te verilen grafikte görüldüğü gibi artar. Hareket başladıktan sonra sürtünme kuvvetinin değeri düşer. Sürtünme kuvvetinin F_S=10 N'a düştüğü grafikte görülmektedir.

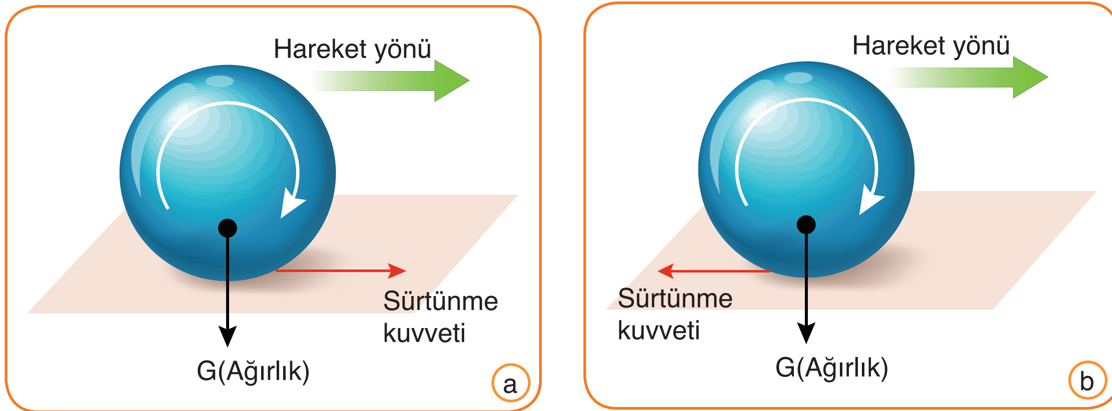


Şekil 3.43: Düz bir zeminde çekilen kutuya uygulanan kuvvetler ve buna bağlı olarak sürtünme kuvvetinin değişimi

Kayma başlayıncaya kadar kuvvet (F) artırılır ve kayma başladığı andaki uygulanan kuvvet, sürtünme kuvveti (F_s) olarak belirlenir. Normal kuvvet ağırlığa eşit (G = N) kabul edilir. Deney verileri kullanılarak statik sürtünme katsayısı (k_s) hesaplanır. Sürtünme kuvvetinin maksimum olduğu değerden sonra cisim kayarak hareket etmeye başlar. Bu andan itibaren sürtünme kuvveti zemin özelliği aynı kalmak koşulu ile yaklaşık olarak sabit bir değer olan kinetik sürtünme kuvvetine eşit olur. Kinetik sürtünme kuvvetinin değeri, statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerinden düşüktür.

Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin büyüklüğüne bağlı değildir. Sürtünme kuvveti, hareket doğrultusunda olup uygulama noktası sürtünme yüzeyindedir. Yönü, cismin hareket yönüne ve uygulanan kuvvete zıt yöndedir. Sürtünme kuvvetinin hareket ettirici özelliği yoktur. Cisim harekete geçtikten sonra sürtünme kuvveti, sürtünen yüzeylerin hızına bağlı değildir.

Sürtünme kuvveti yuvarlanarak hareket eden cisimler için de geçerlidir. Sürtünmeli zeminde dönen bir tekerleğe sürtünme kuvveti etki eder. Yatay sürtünmeli bir zeminde hızlanarak yuvarlanma hareketi yapan tekerleğe etki eden sürtünme kuvvetinin yönü hareket yönü ile aynıdır (Görsel 3.17 a). Yavaşlayarak yuvarlanma hareketi yapan tekerleğe etki eden sürtünme kuvvetinin yönü ise hareket yönünün tersi yönündedir (Görsel 3.17 b).



Görsel 3.17: Kaymadan yuvarlanarak hareket ederken a. Hızlanan b. Yavaşlayan cisme etki eden sürtünme kuvvetlerinin yönü

Örnek

Bir öğrenci yatay zeminde hareketli bir cisme etkiyecek sürtünme kuvvetinin yüzeyin cinsine bağlı olduğunu açıklamak istiyor. Buna göre öğrencinin yukarıdaki düzeneklerden hangileri ile çalışması uygun olur?

Çözüm

Hareketli cisimler için sürtünme kuvveti $F_s = kN$ olup cismin kütlesinden ve sürtünme katsayısından etkilenir.

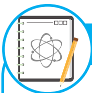
Buna göre öğrenci kütleleri aynı, bulunduğu zeminleri farklı olan I ve III. veya II ve IV. düzenekleri seçmelidir.

Sürtünme Kuvvetinin Günlük Hayattaki Yeri

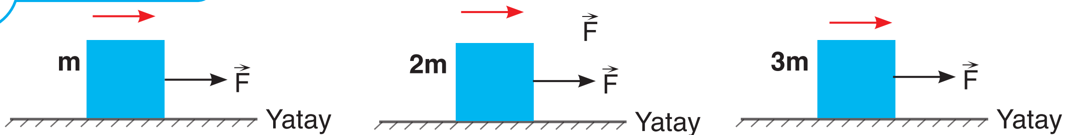
Sürtünme kuvvetinin varlığı bazı olaylarda yaşantımızı olumlu etkilerken bazı olaylarda da hareketi zorlaştıran, cisimlerin veya sistemlerin mekanik enerjisini azaltan bir kuvvettir. Kalemle yazmak, yazdıklarımızı silmek, yolda yürümek, paraşütle atlandığında yere güvenli bir şekilde inebilmek, bir aracı fren yaparak yavaşlatabilmek, tekerleklerine zincir takılmış araçlar için karlı yollarda güvenli seyahat olanağı sağlamak, sistemlerde denge oluşumunu desteklemek sürtünme kuvvetinin olumlu etkilerinin örnekleridir. Görsel 3.18 a, b, c, ç, d'de bu eylemlerden bazılarına ait fotoğraflar verilmiştir.

Görsel 3.18: a. Yazı yazarken b. Yazılanlar silinirken c. paraşütle atlarken ç. karlı bir yolda zincir takarak seyahat ederken d. duvara dayalı bir merdivende denge sağlarken sürtünme kuvvetinden yararlanırız.

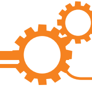
Sürtünme kuvveti nedeniyle cisimlerin enerjisinin istenilenin dışında ısıya dönüşmesi, sürtünen yüzeylerin ve makine parçalarının yıpranıp aşınması, hareketin uygulanan kuvvet ile başlayamaması sürtünme kuvvetinin olumsuz etkilerindendir. Çok büyük kütlelerin hareketinde sürtünmenin azaltılması için kayarak ilerleme yerine dönerek, yuvarlanarak ilerleme tercih edilir ki bu da tekerleğin kullanım amaçlarından biridir.



Alıştırma 3-7



Sürtünme katsayısının aynı olduğu yatay yüzeylerde F büyüklüğündeki kuvvetlerle oklarla gösterilen yönde hareket ettirilen m, 2m ve 3m kütleli cisimlere etkiyen sürtünme kuvvetleri sırasıyla $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ büyüklüğündedir. Buna göre $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetlerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.



3. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1) Bir otomobilde şoförle birlikte üç kişi yolculuk yaparken karşıdan gelen bir araçla çarpışıyorlar. Öndekilerin emniyet kemerleri bağlı ancak sadece şoförün hava yastığı bulunmaktadır. Arkada oturan yolcunun emniyet kemeri bağlı değildir ve hava yastığı bulunmaktadır.

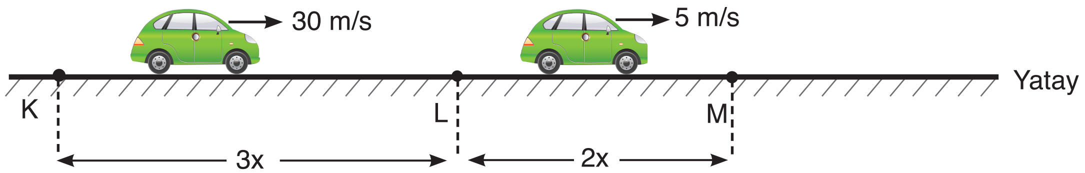
Buna göre araçtakiler kazadan nasıl etkilenirler? Bu olayda etkin olan hareket yasaları nelerdir?

2) Bir paraşütçü yerden belirli bir yükseklikte olan uçaktan atlamaktadır.

Paraşütle atlayan kişi yere doğru inerken hızı artmakta, belirli bir noktadan sonra ise hız artışı durmakta ve sabit hızla hareket etmektedir. Bu olayın nedenini nasıl açıklarsınız?

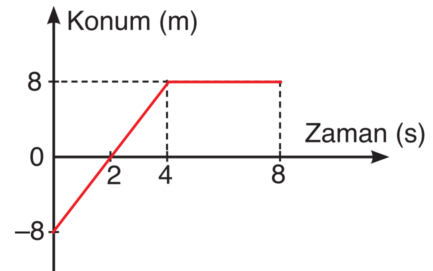
3) Bir otomobil t = 0 anında x= 0 konumundan geçerek önce 80 m batıya, sonra 30 m kuzeye, en sonunda da 120 m doğuya hareket ediyor. Otomobilin bu yollardaki ortalama hızı 10 m/s olduğuna göre hareket süresi kaç saniyedir?

4)

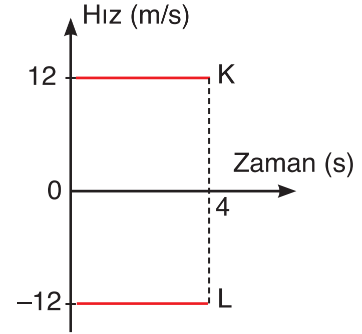


Şekildeki doğrusal yolda hareketli X aracı KL arasını 30 m/s, LM arasını 5 m/s hızla alıyor. Buna göre X aracının KM yolundaki ortalama hızı kaç m/s'dir?

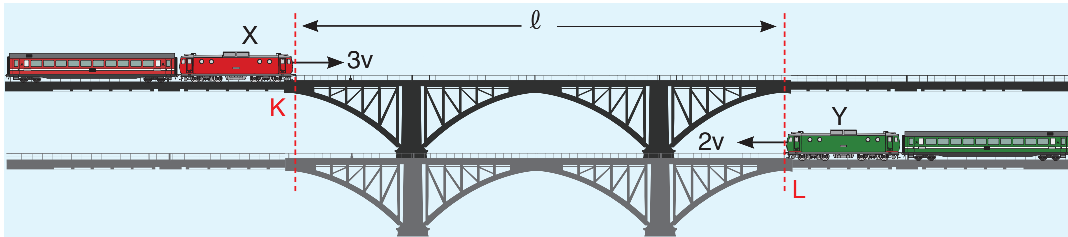
5) Konum-zaman grafiği şekildeki gibi olan bir aracın 0-8 saniyeler arasındaki ortalama hızı kaç m/s'dir?



6) Doğrusal yörüngede hareketli K ve L cisimlerinin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir. Araçlar 4. s'de yan yana olduklarına göre t = 0 anında aralarındaki uzaklık kaç metredir?

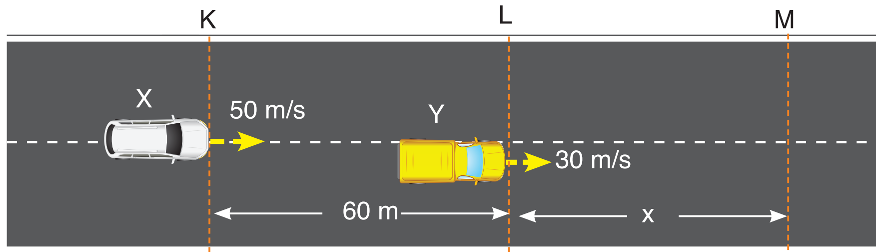


7)



Şekildeki X ve Y trenleri ℓ uzunluklu demir yolu köprüsünün K ve L uçlarına aynı anda 3v ve 2v hızları ile giriyor. X treninin son vagonu L çizgisine geldiğinde Y treninin lokomotifi K çizgisine ulaştığına göre X treninin boyunun kaç ℓ olduğunu bulunuz.

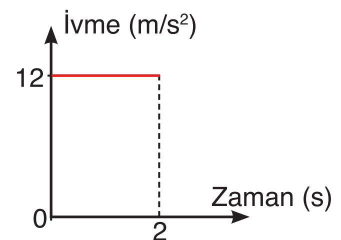
8)



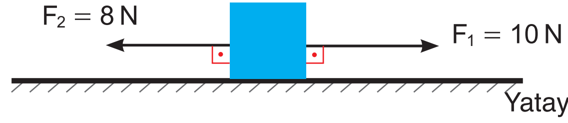
Şekildeki doğrusal yörüngede hareketli X ve Y araçlarının hızları sırasıyla 50 m/s ve 30 m/s'dir. X aracı K, Y aracı L hizasından aynı anda geçip M hizasına aynı anda ulaştıklarına göre LM yolunun kaç metre olduğunu bulunuz.

9) t = 0 anındaki hızı 6 m/s olan doğrusal yörüngede hareketli bir aracın ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre aracın 0-2 s'de kaç metre yer değiştirdiğini bulunuz.



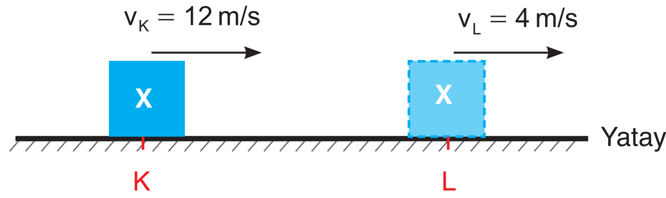
10)



Şekildeki yatay sürtünmesiz yolda durmakta olan 2 kg kütleli cisme $F_1 = 10$ N, $F_2 = 8$ N büyüklüğünde kuvvetler uygulanıyor.

Buna göre cismin ivmesinin büyüklüğünü bulunuz.

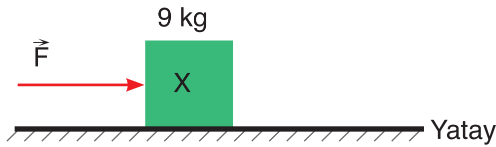
11)



Şekildeki yatay yolun K noktasından 12 m/s hızla geçen 7 kg kütleli X cisminin 4 s sonra L noktasında hızı 4 m/s oluyor.

Buna göre cisme etkiyen sürtünme kuvvetinin kaç N olduğunu bulunuz.

12)



Şekilde verilen sürtünmesiz yatay düzlemdeki X cismi F kuvveti etkisinde $2 m/s^2$ lik ivme hızlanmaktadır.

Buna göre 9 kg kütleli X cismine etkiyen F kuvvetinin büyüklüğü kaç N'dır?

B. Aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) (   ) Yer değiştirme ve alınan yol eşit büyüklükte olabilir.

2) (   ) Düzgün doğrusal harekette ivme vektörü, hız vektörü ile aynı yönlüdür.

3) (   ) Konum-zaman grafiklerinde eğim hareketlinin hızını verir.

4) (   ) İvme-zaman grafiklerinde grafiğin altında kalan alanlar hareketlinin hızını verir.

5) (   ) Hızlanan harekette hız ve ivme zıt yönlü vektörlerdir.

6) ( ) Cisim harekete başladığında kinetik sürtünme katsayısı, statik sürtünme katsayısından küçük değer alır.

7) ( ) Kuvvet şiddetini ölçen araçlara dinamometre denir.

8) ( ) Sabit net kuvvet etkisindeki cisimler sabit hızla hareket eder.

9) ( ) Dengelenmiş kuvvetler etkisindeki cisimler durmakta veya sabit hızla hareket etmektedir.

10) ( ) Etki ve tepki kuvvetlerinin doğrultu ve yönleri aynıdır.

C. Aşağıda verilen cümlelerde noktalı yerleri kutu içerisindeki kelimelerden uygun olanı ile tamamlayınız.

sürat	skaler	yön	vektörel	alan	kinetik
konum	sabit	ters	statik	farklı	aynı

1) Cisimlerin bir başlangıç noktasına göre yerini gösteren .... vektörüdür.

2) Cisimlerin birim zamanda aldığı yola ortalama .... denir.

3) Sürat .... bir büyüklüktür.

4) Eşit zamanlarda eşit yer değiştirmeler yapan hareketli .... hızla hareket etmektedir.

5) Hareketliler .... değiştirirken de hareketleri ivmelidir.

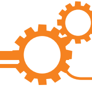
6) Yavaşlayan cismin hareketinde ivme ile hız vektörü .... yönlüdür.

7) Kuvvet, cisimlerin hareket ve biçiminde değişme meydana getirebilen .... bir büyüklüktür.

8) Duran cisimler kuvvet uygulanarak harekete zorlandıklarında .... sürtünme kuvveti etkisinde kalır.

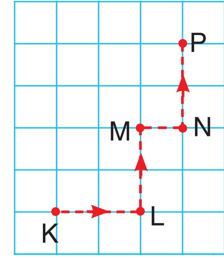
9) Fiziksel temas gerektirmeyen kuvvetlere .... kuvveti denir.

10) Etki ve tepki kuvvetleri .... cisimler üzerinde bulunduklarından bileşkeleri alınamaz.



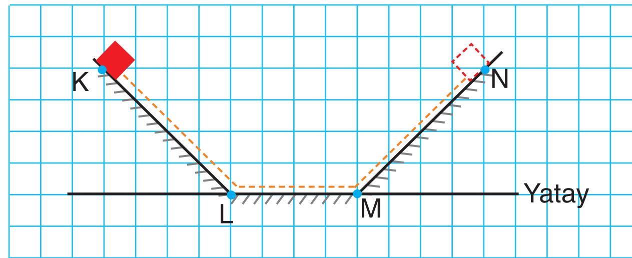
Ç. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1) Şekilde üstten görünüşü verilen yatay düzlemde KLMNP yolunu izleyerek K noktasından P noktasına giden bir aracın yer değiştirmesi kaç birimdir? (Bölmeler eşit aralıklı ve bir birimdir.)



A) 3 B) 4 C) 5 D) 6 E) 7

2)



Şekilde düşey kesiti verilen sürtünmesiz rayın K noktasından serbest bırakılan cisim N noktasına kadar çıkıyor. Cisim K noktasından N noktasına gittiğinde

I. Aldığı yol yer değiştirmesinden büyük değerdedir.

II. LM arasında cisme etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfırdır.

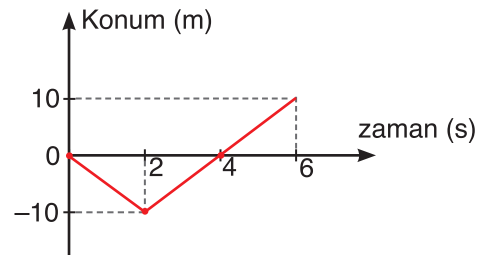
III. MN yolunda hareketi ivmelidir.

yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) II ve III D) I ve III E) I, II ve III

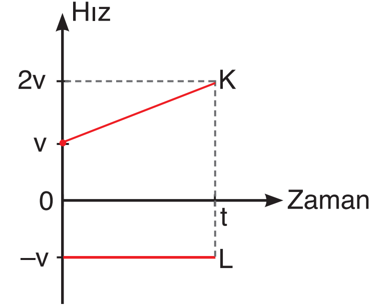
3) Doğrusal yörüngede hareketli bir aracın konum-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre aracın 0-6 s'deki ortalama sürati kaç m/s'dir?



A) 4 B) 5 C) 6 D) 8 E) 10

4) $t = 0$ anında yan yana olan doğrusal yörüngede hareketli K ve L araçlarının hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre 0-t zaman aralığında

I. K ve L araçları birbirinden uzaklaşmaktadır.

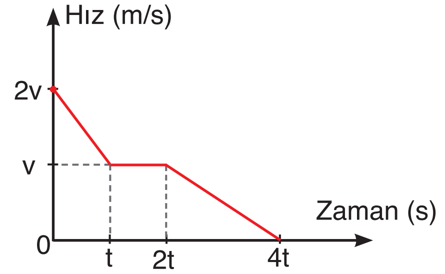
II. L aracı sabit net kuvvet etkisindedir.

III. K aracı hareket yönüyle aynı yönde net kuvvet etkisindedir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

5) Doğrusal yörüngede hareketli bir cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir. Buna göre cismin 0-t, t-2t ve 2t-4t zaman aralıklarındaki ivmelerinin büyüklükleri a_1, a_2 ve a_3 arasındaki ilişki nasıldır?



A) $a_1 > a_2 > a_3$

B) $a_2 > a_1 > a_3$

C) $a_1 > a_2,\ a_3 = 0$

D) $a_1 > a_3,\ a_2 = 0$

E) $a_2 > a_3 > a_1$

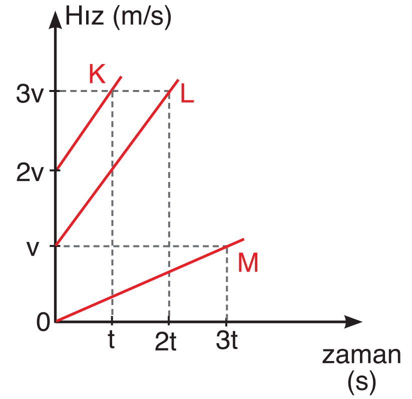
6)

Şekil I ve II'deki yatay düzlemlerde durmakta olan 4m ve m kütleli cisimlere yola paralel $\vec{F}$ ve $4\vec{F}$ kuvvetleri uygulanıyor.

Cisimler kuvvetler uygulandığında da harekete geçemediklerine göre bu anda etkisinde kaldıkları statik sürtünme kuvvetlerinin büyüklükleri oranı kaçtır?

A) 16 B) 12 C) 8 D) 4 E) 2

7) Şekilde hız-zaman grafikleri verilen doğrusal yörüngede hareketli K, L ve M cisimlerinin kütleleri eşittir.



Buna göre cisimlere etkiyen net kuvvetlerin büyüklükleri F_K, F_L ve F_M arasındaki ilişki nedir?

A) $F_K > F_L > F_M$

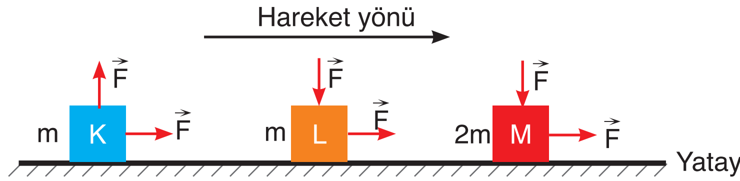
B) $F_L > F_K > F_M$

C) $F_L > F_M = F_K$

D) $F_K = F_L > F_M$

E) $F_L > F_M > F_K$

8) Sürtünme katsayısının eşit olduğu yatay düzlemdeki m, m ve 2m kütleli K, L ve M cisimleri şekilde verilen kuvvetler etkisinde hızlanıyor.



Buna göre cisimlere etkiyen sürtünme kuvvetleri F_K, F_L ve F_M arasındaki ilişki nedir?

A) $F_M > F_L > F_K$

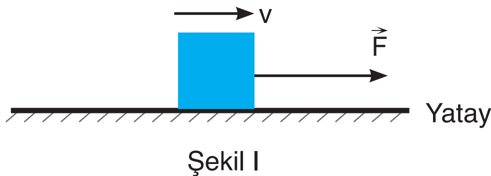
B) $F_K > F_L > F_M$

C) $F_L > F_M = F_K$

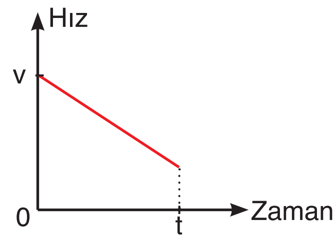
D) $F_K = F_L > F_M$

E) $F_L > F_M > F_K$

9)



Şekil I



Şekil II

Şekil I'deki yatay düzlemde hareketli cisme t=0 anında $\vec{F}$ kuvveti uygulanmaya başlanmıştır.

Cismin bu andan sonra hız-zaman grafiği Şekil II'deki gibi olduğuna göre, cisme etkiyen sürtünme kuvveti kaç $\vec{F}$ **olamaz**?

A) $-5\vec{F}$ B) $-4\vec{F}$ C) $-3\vec{F}$ D) $-2\vec{F}$ E) $-\vec{F}$

10)

Şekildeki sürtünmeli yatay düzlemde durmakta olan K cismine yatay F kuvveti uygulanıyor. Bu durumda cisim düzgün hızlanan hareket yaptığına göre,

I. Cismin ivmesi hareket yönüyle aynı yönlüdür.

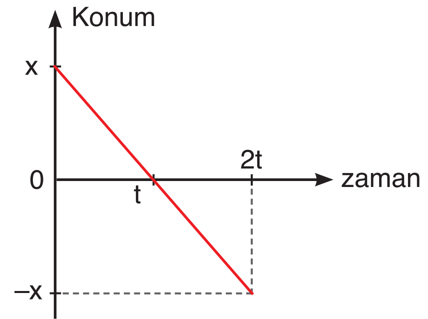
II. Sürtünme kuvveti F büyüklüğünde olabilir.

III. Sürtünme kuvveti F den büyük şiddette olabilir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

11) Doğrusal yörüngede hareketli bir aracın konum-zaman grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre araç için

I. 0-t zaman aralığında yavaşlamıştır.

II. t anında yön değiştirmiştir.

III. 0-2t zaman aralığında sabit hızla hareket etmiştir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

12)

I. Menzili kısa ve şiddeti en büyük kuvvettir.

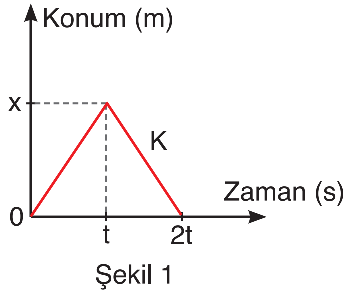
II. Atom çekirdeğindeki parçacıkları bir arada tutar.

III. En zayıf kuvvettir.

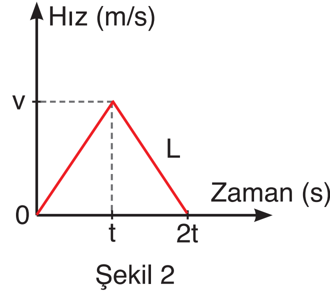
Yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri güçlü nükleer kuvvetin özelliklerindendir?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

13)



Şekil 1



Şekil 2

t = 0 anında yan yana olan doğrusal yörüngede hareketli K ve L araçlarının konum-zaman ve hız-zaman grafikleri Şekil 1 ve Şekil 2'deki gibidir.

Buna göre

I. 2t anında yine yan yana olurlar.

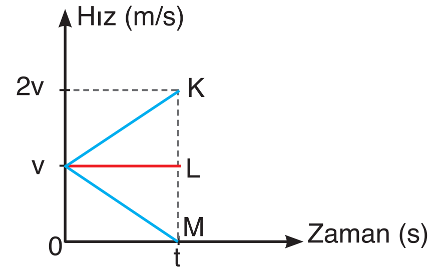
II. 0- t zaman aralığında aynı yönde hareket etmişlerdir.

III. t- 2t zaman aralığında her ikisi de yavaşlayan hareket yapmıştır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

14) Hız-zaman grafiği şekildeki gibi olan doğrusal yörüngede hareketli K, L ve M cisimleri eşit kütlelidir.



Buna göre

I. K ve M cisimlerine etkiyen net kuvvetler eşit büyüklüktedir.

II. L cismine etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfırdır.

III. K, L ve M cisimleri 0-t zaman aralığında aynı yönde hareket etmişlerdir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I ve III E) I, II ve III

15)

I. Bir roketin gaz çıkışıyla ters yönde harekete başlaması

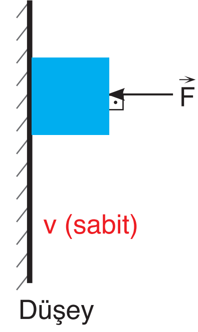
II. Duvara çarpan bir topun geri dönmesi

III. Buz pateninde birini iten sporcunun kendisinin de harekete başlaması

Yukarıdaki olaylardan hangisi ya da hangileri etki-tepki kuvvetleri sayesinde gerçekleşir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

16) Şekildeki kinetik sürtünme katsayısının k olduğu düşey düzleme $\vec{F}$ kuvveti ile dayalı $\vec{G}$ ağırlıklı cisim sabit hızla düşey aşağı yönde hareketlidir. k < 1 olduğuna göre aşağıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?



I. Cisme etkiyen sürtünme kuvveti G büyüklüğündedir.

II. Cisme etkiyen F kuvveti sürtünme kuvvetinden küçüktür.

III. Cisme etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfırdır.

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

17)

I. Alan kuvvetidir.

II. Gezegenlerin belli bir yörüngede dolanmasının nedenidir.

III. Uzun menzillidir.

Yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri kütle çekim kuvvetinin özelliklerindendir?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

18)

Değişken Türü	Değişken Adı
Bağımlı değişken	Sürtünme kuvveti
Bağımsız değişken	Kütle
Kontrol edilebilen değişken	Sürtünen yüzeylerin cins ve özelliği

Buna göre deney yapacak öğrencinin hipotez cümlesi aşağıdakilerden hangisi olabilir?

A) Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin alanından bağımsızdır.

B) Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin cinsine ve özelliğine bağlıdır.

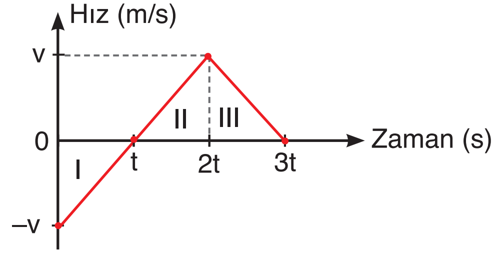
C) Sürtünme kuvveti cismin kütlesine bağlıdır.

D) Pürüzlü bir yüzeyde sürtünme kuvveti artar.

E) Sürtünme kuvveti cismin ivmesini değiştirir.

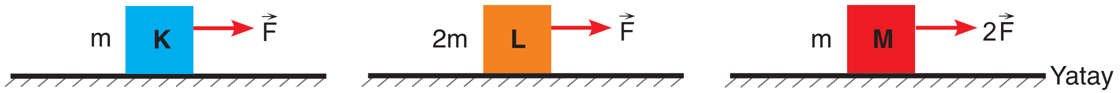
19) t = 0 anında batı yönünde doğrusal yörüngede hareketli bir cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre cisim hangi zaman aralıklarında doğu yönünde hareket etmiştir?



A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I ve III

20)



Şekildeki m, 2m, m kütleli K, L ve M cisimleri F, F, 2F kuvvetleri etkisinde yatay düzlemlerde sabit hızla hareket etmektedir.

Buna göre cisimlerle yatay yüzeyler arasındaki kinetik sürtünme katsayıları k_K, k_L ve k_M arasındaki ilişki nedir?

A) $k_K > k_L > k_M$ B) $k_L > k_M > k_K$ C) $k_M > k_K > k_L$

D) $k_M > k_L > k_K$ E) $k_K > k_M > k_L$

21)

t = 0 anında yatay düzlemde v hızıyla hareketli m ve 2m kütleli K, L cisimleri düzgün yavaşlayan hareket yaparak sırasıyla t ve 2t süre sonunda durmaktadır.

Buna göre cisimlerin yavaşlayıp duruncaya kadar geçen sürede,

I. İvmeleri eşittir.

II. Hız değişimleri eşittir.

III. Cisimlere etkileyen sürtünme kuvvetleri eşittir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

4. ÜNİTE

ENERJİ

KONULAR

- İŞ, ENERJİ VE GÜÇ
- MEKANİK ENERJİ
- ENERJİNİN KORUNUMU VE ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ
- VERİM
- ENERJİ KAYNAKLARI

Öğrenilecek Bilimsel Kavram ve Terimler

- İş
- Öteleme kinetik enerjisi
- Esneklik potansiyel enerjisi
- Enerji korunumu
- Yenilenebilir enerji
- Yer çekimi potansiyel enerjisi
- Güç
- Verim
- Mekanik enerji
- Enerji dönüşümü
- Yenilenemez enerji
- Enerji

Ünite İçin Ön Hazırlık Soruları

• Bir cisme kuvvet uygulayarak yol aldırdığınız durumlara örnek veriniz. (Bir valizi iterek yerini değiştirmek gibi) Verdiğiniz hangi örneklerde cisim hız kazandı?

• Günlük hayatta kullandığınız terimleri düşündüğünüzde bir aracın diğerine göre aynı işi daha kısa sürede yapma özelliğini nasıl tanımlarsınız?

• Hareketli bir cisim başka bir cisim üzerine iş yapabilme yeteneğine sahip midir?

• Cisimlerin yerden yüksekliğini artırarak serbest bırakırsanız yere çarpıncaya kadar alınacak yolu artırırsınız. Bu durum cisim için nelerin değişmesine neden olur?

• Hız verip attığınız cisimler yol yatay da olsa bir süre sonra durur. Cisme verdiğiniz enerji ne olmuştur?

• Bir sisteme veya cisme verilecek enerji miktarının başka bir türe dönüştürülüp miktarının artırılması mümkün müdür?

• Bir araçtan alınan enerjinin verilen enerji değerine yakın olması durumu nasıl tanımlanır?

4.1. İŞ, ENERJİ VE GÜÇ

4.1.1. İş, Güç ve Enerji Kavramları Arasındaki İlişki

Enerji, fen ve teknoloji alanında en önemli fizik kavramlarının başında gelir. Çevremizde gözlemlediğimiz cisimlerin veya sistemlerin iş yapabilme yeteneğinden söz ederken pek çok enerji türünü dile getiririz. Önceki yıllarda fen bilimleri derslerinde de karşılaştığımız enerji türlerini hatırlayalım. Görsel 4.1'deki gibi barajlarda belirli bir yükseklikten düşen su kütlesinin potansiyel enerjisi, yatay düzlemde hareketli bir otomobilin ise kinetik enerjisi bulunur. Bu iki enerji türü cisimlerin veya sistemlerin mekanik enerjisi olarak adlandırılır. Görsel 4.2'deki rüzgâr türbinleri ile hareket enerjisi başka bir enerji türüne dönüştürülebilirken Görsel 4.3'teki gibi yanma ile ısı enerjisi açığa çıkar. Görsel 4.4'teki güneş panelleri ile ışık enerjisinden ısı enerjisine dönüşüm gerçekleştirilir. Enerji dönüşümünün gerçekleştiği bir başka örneği, elektrik enerjisinden önce ısı enerjisine, sonra ışık enerjisine geçişin bulunduğu flamanlı ampulde görürüz.

Görsel 4.1: Barajlarda belli bir yükseklikten düşen su kütlesinin potansiyel enerjisinden yararlanılır.

Görsel 4.2: Rüzgâr türbinleri hareket enerjisinden elektrik enerjisi üretir.

Görsel 4.3: Yanma sonucu ısı enerjisi açığa çıkar.

Görsel 4.4: Güneş panelleri ışık enerjisinden ısı enerjisine dönüşüm sağlar.

Nükleer santraller sürekli tartışılıyor. Yararlı mı yoksa zararlı mı? Ülkemizde kurulma aşamasında olan nükleer santrallerden kısa zamanda yüksek miktarda elektrik enerjisi elde edilmesi planlanmaktadır. Nükleer santrallerde kullanılan radyoaktif maddeler, tedbirlerin yetersiz olması durumunda herhangi bir kazada çevre için zararlı olabilmektedir. Ancak gerekli güvenlik önlemlerini alan birçok ülke, elektrik üretiminde nükleer santrallerden yararlanmaktadır.

Günlük hayattan verdiğimiz bu örnekler enerji türlerini ve bu enerji türlerinin birbirine dönüşebildiğini göstermektedir. Sistemlerin mekanik enerji değeri de aynı şekilde kinetik enerjiden potansiyel enerjiye veya potansiyel enerjiden kinetik enerjiye dönüşüm gösterir. Belirli bir yükseklikten düşen su kütlesinin potansiyel enerjisinin önce su kütlesinin kinetik enerjisi olması bu dönüşümün bir kanıtıdır.

Özellikle bu bölümde ele alacağımız mekanik enerji türlerini incelemeye başlamadan önce iş miktarının ele alınması gerekir.

Görsel 4.5: Yatay düzlemde uygulanan kuvvet, cisimlere bu doğrultuda yol aldırdığı için iş yapmaktadır.

Görsel 4.6: Düşey doğrultuda etkiyen kuvvetlerle bu doğrultuda yüke yol aldırabilen vinç, iş yapmaktadır.

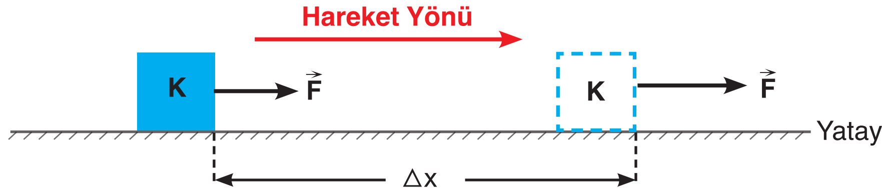
Fiziksel anlamda iş yapmak bir cisme etkiyen kuvvetin o cisme kendi doğrultusunda yol aldırması ile gerçekleşir. Bu tanıma göre Görsel 4.5'teki gibi uyguladığı kuvvetle el arabasındaki yüklerine yatay düzlemde yol aldırabilen kişi ile Görsel 4.6'daki gibi uyguladığı kuvvetle düşey doğrultuda bir yüke yol aldırabilen vinç, fiziksel anlamda iş yapmaktadır.

İş miktarını matematiksel modelleme yolu ile ifade edecek olursak

W: İş miktarını,

$\vec{F}$: Cisme kendi doğrultusunda yol aldıran kuvvet şiddetini,

$\Delta\vec{x}$: Kuvvet etkisinde yapılan yer değiştirmedir.



Şekil 4.1: F büyüklüğündeki kuvvet, cisme Δx yolunu aldırarak iş yapmaktadır.

Bu durumda Şekil 4.1'deki gibi bir cisme etkiyen F kuvvetinin yaptığı iş miktarı,

$$W = F \cdot \Delta x$$

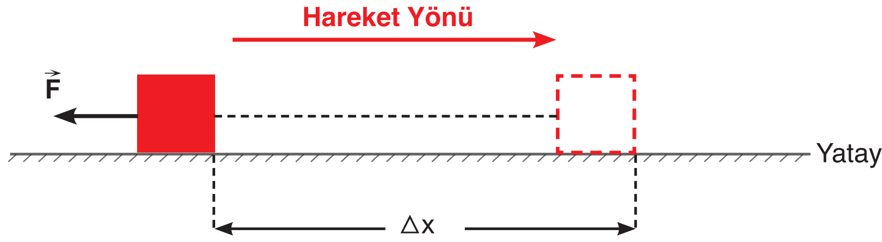
eşitliği ile bulunur.

Büyüklüklerin birimleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Birim tablosu

Büyüklük	Kuvvet	Yol	İş
Birimi	Newton (N)	Metre (m)	Newton x metre = Joule $(N \cdot m = J)$

Cisme hareket yönü ile aynı yönde etkiyen kuvvet pozitif, Şekil 4.2'deki gibi hareket yönüne ters yönde etkiyen kuvvet ise negatif iş yapar.



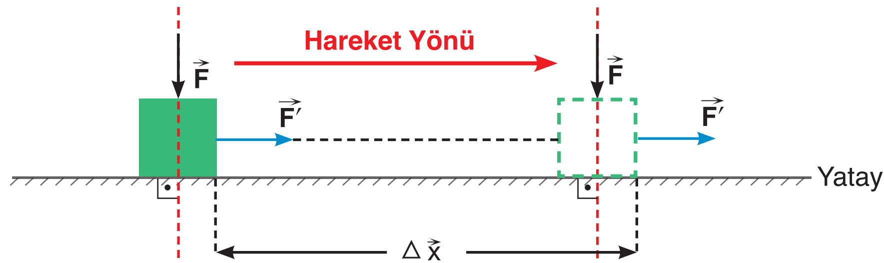
Şekil 4.2: Hareket yönüne ters yönde etkiyen kuvvet, negatif iş yapar.

Bu durumda iş miktarı,

$W = -F \cdot \Delta x$ olur.

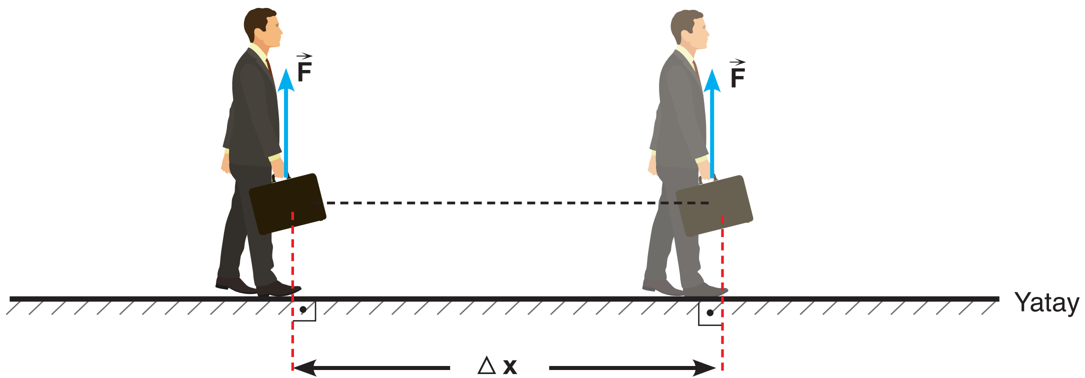
İş, skaler bir büyüklüktür. İş miktarındaki pozitif veya negatif değerler yön anlatmaz. Fiziksel anlamda iş, bir enerji aktarımı olduğundan pozitif (+) veya negatif (–) iş miktarları cisimlerin veya sistemlerin enerjisine eklenen veya enerjisinden çıkarılan miktarları anlatır.

Şekil 4.3'teki gibi yatay düzlemde yol alan bir cisme yola dik olarak etkiyen kuvvet bu yolu aldıran kuvvet olamayacağına göre bu kuvvetin yaptığı iş miktarından da söz edilemeyecektir.



Şekil 4.3: Yola dik kuvvet, iş yapmaz.

Aynı durum yol boyunca elindeki çantayı taşıyan Şekil 4.4'teki kişi için de geçerlidir. Cismin ağırlığını dengelemek için uygulanan $\vec{F}$ kuvveti Δx yolunu aldıran kuvvet olmadığından iş yapmaz.



Şekil 4.4: Kişi elindeki çantayı taşırken yola dik uygulanmış F kuvveti iş yapmaz.

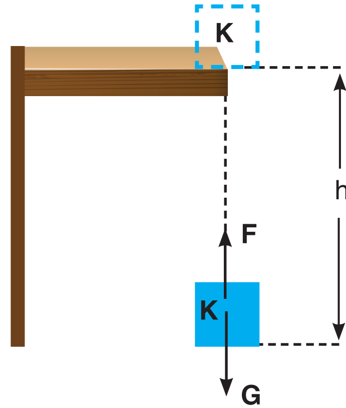
Ancak bu durum düşey doğrultudaki kuvvetlerin iş yapmayacağı anlamına gelmez. Örneğin Şekil 4.5'teki gibi havanın etkisinin önemsenmediği ortamda düşey doğrultuda uygulanmış F büyüklüğündeki kuvvet ile cisim sabit hızla hareket ettirilip h kadar yol aldırılarak bir rafın üzerine konulmuş olsun. Bu durumda F ve G kuvvetlerinin yaptığı iş miktarlarından söz edilmelidir.

Hareketlinin hızı sabit olduğuna göre $F_{net} = 0$ olmalıdır. Bu durumda F = G olur.

F ve G kuvvetlerinin h yolunda cisim üzerine yaptığı iş miktarlarına W_1 ve W_2 dersek

$W_1 = F \cdot h$

$W_2 = -G \cdot h$ olur.



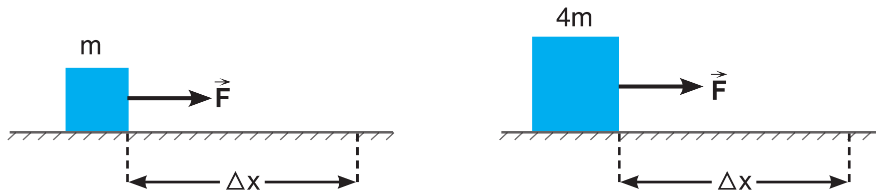
Şekil 4.5: F ve G kuvvetleri h yolunda iş yapmaktadır.

Bu kuvvetlerin yaptığı işler toplamı

$W_{toplam} = W_1 + W_2$

$W_{toplam} = F \cdot h - G \cdot h$

$W_{toplam} = 0$ bulunur.



Şekil 4.6: Farklı kütleli cisimler üzerinde yapılan iş miktarları

Yatay düzlemdeki m ve 4m kütleli cisimlere etkiyen yola paralel F kuvvetleri Δx yolunda eşit miktarda iş yapar (Şekil 4.6).

Bu iş miktarlarına W_1 ve W_2 dersek

$W_1 = W_2 = F \cdot \Delta x$ olur.

O hâlde F kuvvetinin yaptığı iş miktarı cismin kütlesinden bağımsızdır.

Güç

Bilimsel olarak iş yapmayı gündelik kullanımından ayırt etmek gerekir. Fiziksel anlamda iş, bir cisme etkiyen kuvvetin o cisme kuvvet doğrultusunda yol aldırmasıdır. Günlük hayatta kullandığımız "iş yapmak" ifadesi genellikle bilimsel anlamı ile örtüşmemektedir. Örneğin Görsel 4.7'deki gibi bahçesini sulayan birinin, bu işlemin sonucunda fiziksel yorgunluk hissetse de bilimsel anlamda iş yaptığı söylenemez. Görsel 4.8'deki gibi ders çalıştığı için zihinsel olarak yorulan veya Görsel 4.9'daki gibi yatayda yol alırken elindeki kitaplara düşey yukarı yönde kuvvet uygulayarak dengeleyen öğrenciler fiziksel anlamda iş yapmış olmazlar.

Görsel 4.7: Bahçesini sulayan biri fiziksel anlamda iş yapmış olmaz.

Görsel 4.8: Ders çalışan öğrenci

Görsel 4.9: Yatayda yol alırken elindeki kitaplara düşey yukarı yönde kuvvet uygulayarak dengeleyen öğrenci

Görsel 4.10'daki kişi sırt çantasını sırtına yerleştirdikten sonra kilometrelerce yol yürümüş olsa ve bundan dolayı yorgunluk hissetse de yürüme süresince fiziksel anlamda iş yapmış olmaz. Yalnızca sırt çantasına çantanın ağırlığından büyük kuvvet uygulayarak sırtına yerleştirirken iş yapmışdır.

Görsel 4.10: Sırt çantasını taşıyan kişi

Günlük hayatta kullandığımız güç kavramı ile yukarıda açıkladığımız işin yapılma hızı da karıştırılmamalıdır. Güçlük çekmek, bir işin yapılmasında zorluk çekmek de yukarıda anlattıklarımızdan farklı durumları bildirmektedir. Örneğin ağır bir cismi elimizde tutarken, dengelerken güç harcadığımızı, yorulduğumuzu söylesek de o süre içinde yol alınmadığından fiziksel anlamda iş yapılmamıştır. Dolayısıyla güç büyüklüğünden söz edilemez.

Birim zamanda yapılan iş miktarına **güç** denir. Güç, işin yapılma hızı olarak da tanımlanabilir.

Buna göre matematiksel modelleme yöntemi ile güç,

$P = \frac{W}{\Delta t}$'dir.

Güç birimi Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Birim tablosu

Büyüklük	İş	Zaman aralığı	Güç
Birimi	Newton x metre = Joule $(N \cdot m = J)$	Saniye (s)	$\frac{\text{Joule}}{\text{saniye}} = \text{Watt}$ $\left(\frac{J}{s} = W\right)$

Mekanik anlamda güç,

$P = \frac{F \cdot \Delta x}{\Delta t}$ eşitliği ile de bulunur. Sabit büyüklükte bir hızla hareketli cisim için hız şiddeti,

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$'dir.

Bu durumda güç,

$P = F \cdot v$ olur.

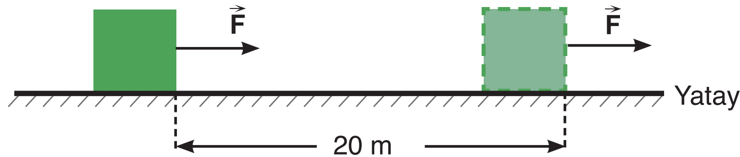
İş birimlerini güç birimine bağlı olarak

- Watt · saniye = Joule
- Watt · saat
- Kilowatt · saat

şeklinde de ifade etmek mümkündür.

Özellikle evlerde tüketilen elektrik enerjisinin iş birimi olan kilowatt.saat türünden ücretlendirildiğini fatura bilgilerinden hatırlayacaksınız.

Örnek



Şekildeki sürtünmesiz yatay düzlemde yola paralel sabit F büyüklüğündeki kuvvetle 20 m çekilen cisim üzerine bu yolda yapılan iş miktarı 800 J'dür.

Buna göre F kuvvetinin büyüklüğünün kaç N olduğunu bulunuz.

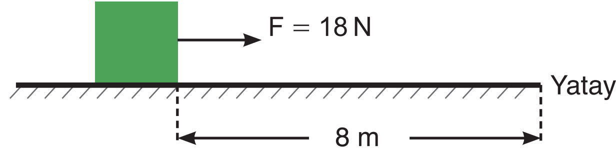
Çözüm

Cisim üzerine yapılan iş miktarı bilindiğine göre

$W = \vec{F} \cdot \Delta x$ eşitliğinden

$800 = \vec{F} \cdot 20$ ise $F = 40$ N bulunur.

Örnek



Şekildeki 2 kg kütleli cisim, yola paralel 18 N'lık sabit kuvvetle çekilmektedir.

Cisme etkiyen sürtünme kuvveti 10 N olduğuna göre bu yolda cisim üzerine yapılan net iş miktarının kaç J olduğunu bulunuz.

Çözüm

Bu durumda cisme etkiyen 18 N'lık kuvvet, pozitif iş yaparken hareket yönüne ters yönde etkiyen sürtünme kuvveti aynı yolda negatif iş yapacaktır.

Net iş miktarı,

$W_{net} = (F - F_s) \cdot \Delta x$

$W_{net} = (18 - 10) \cdot 8$

$W_{net} = 8 \cdot 8$

$W_{net} = 64$ J bulunur.

Örnek

Gücü 900 W olan bir elektrik süpürgesi 20 dk. çalıştırıldığında kaç J'lük iş yapıldığını bulunuz.

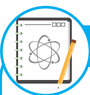
Çözüm

İş miktarını güç değerine bağlı yazalım.

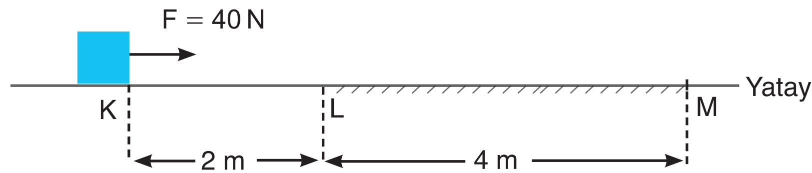
$W = P \cdot \Delta t$ (20 dk. = 20 · 60 s)

$W = (900) \cdot (20 \cdot 60)$

$W = 108 \cdot 10^4$ J bulunur.



Alıştırma 4-1



Şekilde kesiti verilen yatay yolun yalnız LM arası sürtünmeli olup sürtünme kuvveti LM yolu boyunca sabittir. K noktasında durmakta olan cisim F = 40 N'lık kuvvet etkisinde M noktasına kadar çekiliyor. KM arasında cisim üzerinde yapılan toplam iş miktarı 200 joule olduğuna göre LM arasında cisme etkiyen sürtünme kuvvetinin kaç N olduğunu bulunuz.

Süreci Değerlendirelim 4-1

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

ses	güç	yol	kuvvet
kimyasal	potansiyel	iş	skaler
dik	ısı	kinetik	hareket

1) Barajlarda belirli bir yükseklikten düşen su kütlesinin .... enerjisinden yararlanılır.

2) Flamanlı ampullerde .... enerjisi ışık enerjisine dönüşür.

3) Akümülatörler .... enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.

4) Rüzgâr türbinleri .... enerjisinden elektrik enerjisi üretir.

5) İş miktarı .... doğrultusunda alınan yola bağlıdır.

6) İş .... bir büyüklüktür.

7) Yola .... kuvvet iş yapmaz.

8) Watt.saniye .... birimidir.

9) İşin yapılma hızına .... denir.

10) Hava moleküllerinin titreştirilmesi ile .... enerjisi oluşur.

4.2. MEKANİK ENERJİ

4.2.1. Mekanik Enerji Türleri, Kinetik ve Potansiyel Enerji

Mekanik enerji, kinetik ve potansiyel enerji miktarlarının toplamıdır. Bu toplam enerji miktarını ancak cisim üzerine yapılan iş miktarları değiştirir. İş miktarı, enerji miktarıdır. Bu nedenle öncelikle bilimsel anlamda işin nasıl yapıldığını, iş miktarının nelere bağlı olduğunu inceledik. Pozitif iş miktarı ile cisimlerin veya sistemlerin enerji miktarı artırılırken negatif iş miktarı ile azaldığını belirttik. Cisimlerin veya sistemlerin üzerine yapılan iş, kinetik ve potansiyel enerjiyi değiştirdiği için dolayısıyla toplam değerde yani mekanik enerjide farklılığa neden olur. Bu durumda kinetik ve potansiyel enerji değerlerinin nelere bağlı olduğunu incelemek gerekir.

Öteleme Kinetik Enerjisi

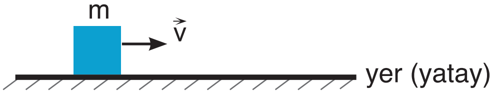
Şekil 4.7: Kinetik enerji, hareketli cisimlerin hızlarından dolayı sahip oldukları enerjidir.

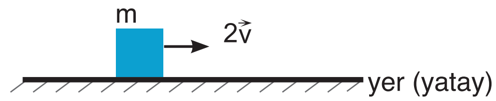
Şekil 4.7'deki gibi yatay sürtünmesiz yolda $\vec{v}$ hızıyla hareketli K cismi durmakta olan L cismine çarptığında kuvvet uygulayıp yol aldıracaktır. O hâlde K cisminin hareketli olmasından dolayı başka bir cisim üzerine iş yapabilme yeteneği bulunduğundan bu cismin enerjisinin olduğundan söz edilebilir. K cisminin hızından dolayı sahip olduğu bu enerjiye **kinetik enerji** denir. Kinetik enerji miktarı cismin kütlesine ve hızının karesine bağlı bir büyüklüktür. Matematiksel modelleme yöntemine göre cismin kütlesi m, hızı v, kinetik enerjisi E_K ile gösterildiğinde,

$E_K = \frac{1}{2}mv^2$ olarak yazılır.

Kinetik enerji birimi de J'dür.

Cisimlerin hızları arttıkça kinetik enerji büyüklüğü hızın karesi ile orantılı olarak artar. Hızı v büyüklüğünden 2v büyüklüğüne çıkmış bir cisim için kinetik enerji değerlerini yazalım.

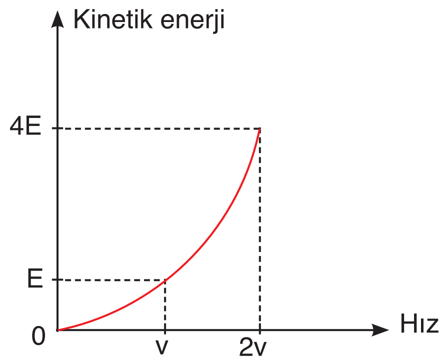




$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = E$

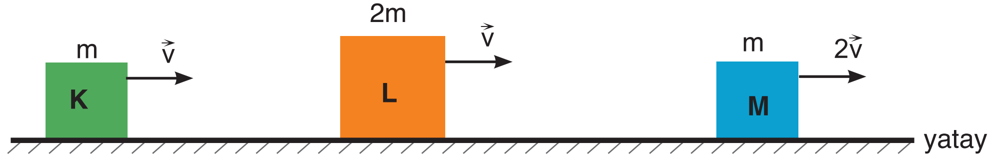
$E_K = \frac{1}{2}m \cdot (2v)^2 = 4E$'dir.

Bu durumda cismin kinetik enerjisinin hızına bağlı grafiği Şekil 4.8'deki gibi olur.



Şekil 4.8 : Hızlanan bir cisim için kinetik enerji-hız grafiği

Örnek



Şekildeki m, 2m, m kütleli K, L ve M cisimleri sırasıyla v, v ve 2v büyüklüğündeki hızlarla hareketli iken kinetik enerjileri E_K, E_L ve E_M dir.

Buna göre cisimlerin kinetik enerjilerini karşılaştırınız.

Çözüm

$E = \frac{1}{2}mv^2$ eşitliğinde cisimlerin kütle ve hız değerlerini yazarsak

$E_K = \frac{1}{2}mv^2$

$E_K = E$

$E_L = \frac{1}{2}2mv^2$

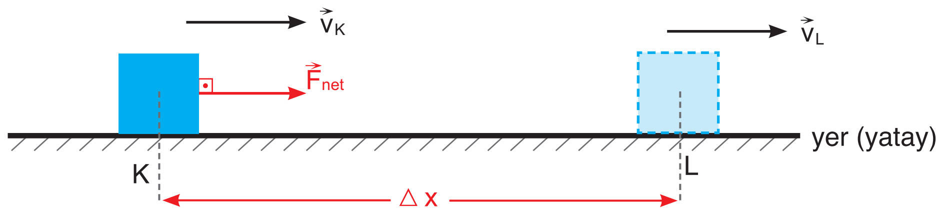
$E_L = 2E$

$E_M = \frac{1}{2}m(2v)^2$

$E_M = 4E$ bulunur.

Buna göre $E_M > E_L > E_K$ dir.

Hareketli cisimler üzerine etkiyen net kuvvetler cisimlerin hızlarını dolayısıyla kinetik enerjilerini değiştirir. Net kuvvetin uygulandığı yol boyunca yaptığı iş miktarı kinetik enerji değişimine eşit olur.



Şekil 4. 9: Cisim üzerine yapılan pozitif iş miktarı kinetik enerjiyi artırarak değiştirir.

Şekil 4.9'daki X cismine KL yolunda etkiyen $\vec{F}_{net}$ hareket yönüyle aynı yönde olduğuna göre cismi hızlandırır. Cismin kinetik enerjisinin artmasına neden olur.

Bu yolda yapılan net iş,

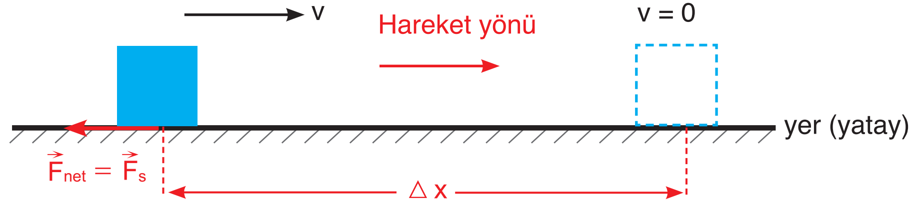
$W = F_{net} \cdot \Delta x$'dir.

Cismin kinetik enerjisindeki değişim ise

$\triangle E_{Kinetik} = \frac{1}{2}mv_L^2 - \frac{1}{2}mv_K^2$ olmuştur.

Bu durumda cismin kinetik enerjisindeki artış kadar cisim üzerine pozitif iş yapıldığından söz edilebilir. Net iş miktarı, cismin kinetik enerjisindeki artışa eşittir. Buna göre

$W = \vec{F}_{net} \cdot \triangle x = \triangle E_{Kinetik}$ yazılır.

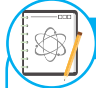


Şekil 4.10: Cisim üzerine yapılan negatif iş miktarı kinetik enerjiyi azaltarak değiştirir.

Bir cisme etkiyen net kuvvet Şekil 4.10'daki sürtünme kuvveti gibi hareket yönüne ters yönlü kuvvet ise cisim yavaşlar. Cismin kinetik enerjisindeki değişim azalma şeklinde gerçekleşecektir. Bu durumda da cisim üzerine yapılan negatif net iş, cismin kinetik enerjisindeki değişime eşit olur.

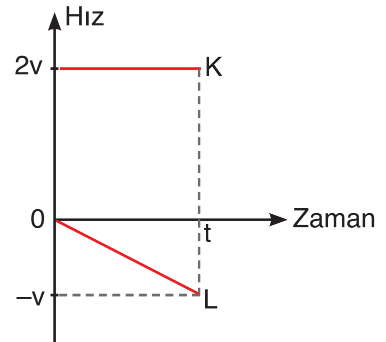
$W = -F_s \cdot \triangle x$

$W = -F_s \cdot \triangle x = 0 - \frac{1}{2}m \cdot v^2$ şeklinde yazılır.



Alıştırma 4-2

Şekilde hız-zaman grafiği verilen K ve L cisimlerinin kütleleri sırasıyla m ve 4m'dir. Buna göre cisimlerin t anındaki kinetik enerjilerinin oranını bulunuz.



Potansiyel Enerji

Cisimlerin yer ve durumlarından dolayı sahip oldukları enerjiye **potansiyel enerji** denir. Bu enerji, cisimler sisteminin enerjisi olarak da düşünülebilir. Sistemin düzenlenişi değişirse sistemin potansiyel enerjisi de değişecektir.

Potansiyel enerji değerleri bu nedenle farklı sistemlerde farklı matematiksel modellemeler ile hesaplanır.

Kütle Çekim Potansiyel Enerjisi

Dünya ve Dünya'daki cisimler de birbirine kuvvet uygulayan sistem olarak potansiyel enerjiye sahiptir. Örneğin Görsel 4.11'de yerden belirli bir yükseklikten atlayan paraşütçü için kütle çekim kuvveti (ağırlık) yere kadar yol boyunca iş yapar. Ağırlığın bu yolda yaptığı iş miktarı kişinin ilk konumunda iken yere göre sahip olduğu enerji miktarı kadar olmalıdır. Bu enerjiye **kütle çekim potansiyel enerjisi** denir.

Görsel 4.11: Belirli bir yükseklikten atlayan paraşütçüye etkiyen kütle çekim kuvveti yol boyunca iş yapar.

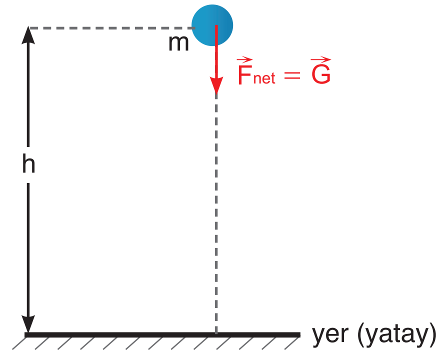
Şekil 4.12'de verilen, yerden h yükseklikte bulunan cisim yere göre kütle çekim potansiyel enerjisine sahiptir. Kütlesel çekim kuvveti cisim serbest bırakıldığında h yolu boyunca cisim üzerine iş yapar. Havanın etkisi ihmal edildiğinde serbest bırakılan cisme etkiyen net kuvvet olarak ağırlığı, cisme h yolunu aldırır. Cisim yere çarpıncaya kadar yapılan iş,

$W = G \cdot h$ kadardır.

Bu durumda cisim h yükseklikte iken yere göre sahip olduğu potansiyel enerjiyi E_p ile gösterirsek

$E_p = W = G \cdot h$

$E_p = mgh$ olur.



Şekil 4.12: Yerden h yükseklikte tutulan cisim yere göre potansiyel enerjiye sahiptir.

İş miktarı enerji miktarı olduğundan kütle çekim potansiyel enerjisinin birimi jouledür. Potansiyel enerji, skaler büyüklüktür.

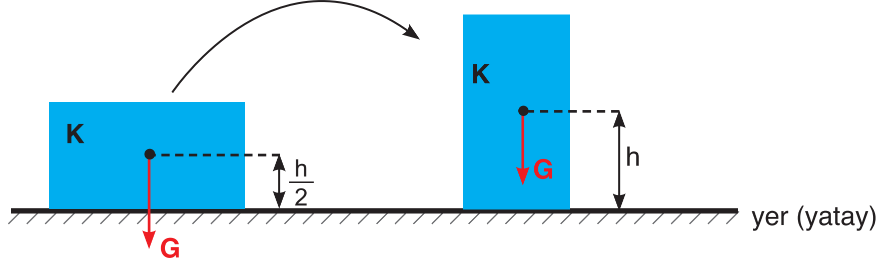
Cisim için kütle çekim potansiyel enerjisinin değişiminden söz edildiğinde çekim kuvvetine karşı iş yapılmış ise enerji artmış, çekim kuvveti iş yapmış ise kütle çekim potansiyel enerjisi azalmış olmalıdır.

Görsel 4.12'deki asansör yükselirken hareketi sağlayan motor çekim kuvvetine karşı iş yapmaktadır. Yapılan iş, kabin yükselirken en azından kabinin kütle çekim potansiyel enerjisindeki artış kadar olmalıdır. Görsel 4.13'teki kişi kutuları üst üste yığarken kutuların yere göre potansiyel enerjileri ok yönünde artmaktadır. O hâlde kişi en azından kutuların potansiyel enerjisindeki artış kadar iş yapmış olmalıdır.

Görsel 4.12: Asansör kabini yükseliyorken çekim kuvvetine karşı iş yapılmaktadır.

Görsel 4.13: Kutuların yerden yüksekliği artarken yere göre potansiyel enerjileri artmaktadır.

Kütle çekim potansiyel enerjisindeki değişimleri birkaç cisim üzerinde eşitlik yazarak inceleyebiliriz. Şekil 4.13'teki homojen h ve 2h kenar uzunluklu dikdörtgenler prizması şeklindeki K cismi çevrilerek dar tabanı üzerine oturtulduğunda yere göre potansiyel enerjisi artmıştır.



Şekil 4.13: Kütle merkezinin yere göre yüksekliğinin artması potansiyel enerjide artışa neden olur.

K cisminin ağırlığına G dersek cismin yere göre ilk potansiyel enerji değeri,

$E_{p_1} = \frac{G \cdot h}{2}$'dir.

Çevrildikten sonra ise

$E_{p_2} = G \cdot h$ olur.

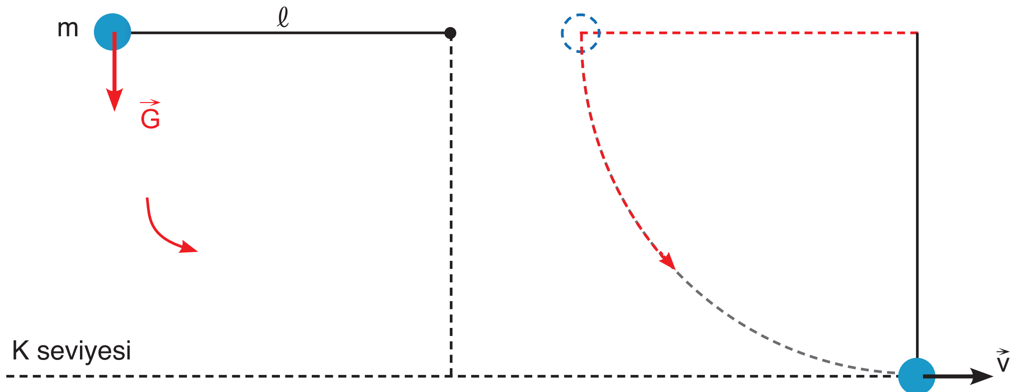
Cismin kütle çekim potansiyel enerjisindeki artış, çekim kuvvetine karşı yapılan iş miktarı kadardır. Buna göre iş miktarı,

$W = \triangle E_p = E_{p_2} - E_{p_1}$

$W = \triangle E_p = G \cdot h - \frac{G \cdot h}{2}$

$W = \triangle E_p = \frac{G \cdot h}{2}$ olur.

İş miktarının (+) değer çıkması çekim kuvvetine karşı iş yapıldığının kanıtıdır.



Şekil 4.14: Bir ipin ucuna bağlı cisim, yatay konumdan serbest bırakılırsa çekim kuvveti iş yapar.

Ancak Şekil 4.14'te verilen ℓ uzunluktaki ipin ucuna bağlı yatay konumdaki m kütleli cismin tutulduğu konumda K seviyesine göre bir potansiyel enerjisi bulunur. Cisim serbest bırakıldığında çekim kuvveti nedeniyle harekete başlar. K seviyesine geldiğinde bu seviyeye göre potansiyel enerjisi sıfır olur.

Buna göre cismin K seviyesine göre ilk ve son konumlarındaki potansiyel enerjileri,

$E_{p_1} = mg\ell$

$E_{p_2} = 0$ olur.

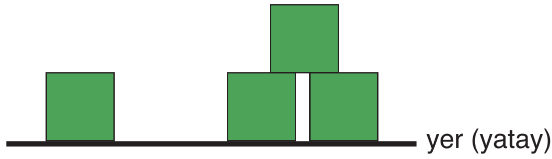
Bu durumda potansiyel enerjideki değişim dolayısıyla yapılan iş miktarı,

$W = \triangle E_p = 0 - mg\ell$

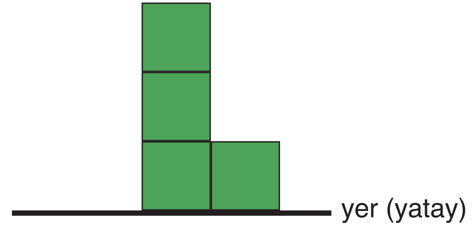
$W = \triangle E_p = -mg\ell$ bulunur.

Kütle çekim potansiyel enerjisindeki azalma sonucun (–) değer almasını sağlamış, çekim kuvvetinin iş yaptığını göstermiştir.

Örnek



Şekil 1

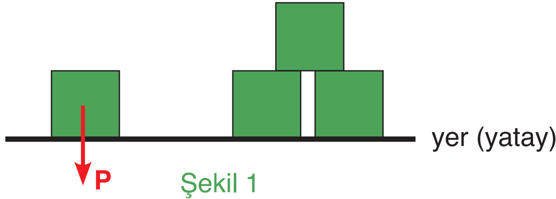


Şekil 2

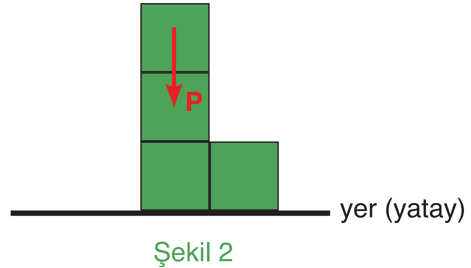
Her birinin ağırlığı P, kenar uzunlukları h olan homojen küp şeklindeki cisimler Şekil 1'deki konumlarından Şekil 2'deki konumlarına getiriliyor.

Bu durumda çekim kuvvetine karşı yapılan iş miktarının kaç P · h olduğunu bulunuz.

Çözüm



Şekil 1



Şekil 2

Şekil 1'deki konumda bulunan küplerden yere göre potansiyel enerjisi değişen parçaları tespit etmek sorunun çözümüne yardımcı olacaktır. Şekil 2'deki konuma göre yalnızca 1 küpün yere göre potansiyel enerjisinde değişim bulunmaktadır. Bu küpün potansiyel enerjisindeki değişim aynı zamanda sistemin potansiyel enerjisindeki değişimdir. Buna göre

$E_{p_1} = \frac{P \cdot h}{2}$

$E_{p_2} = P \cdot \frac{5h}{2}$ yazılabilir.

Çekim kuvvetine karşı yapılan iş miktarı kütle çekim potansiyel enerjisindeki değişim olacağından,

$W = E_{p_2} - E_{p_1}$

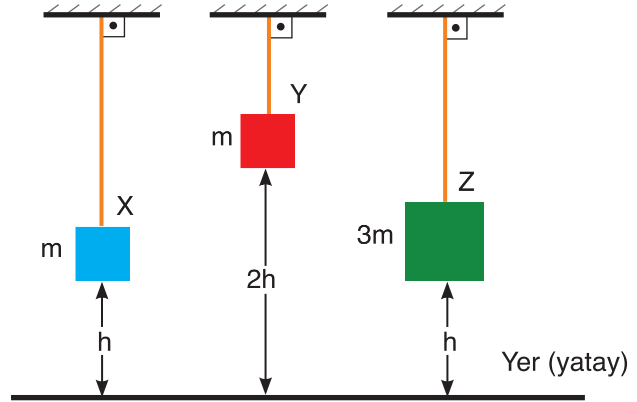
$W = P \cdot \frac{5h}{2} - P \cdot \frac{h}{2}$

$W = 2P \cdot h$ bulunur.

Alıştırma 4-3

Şekildeki m, m, 3m kütleli X, Y, Z cisimleri iplere bağlanarak yerden h, 2h ve h yüksekliklerinde dengelenmiştir.

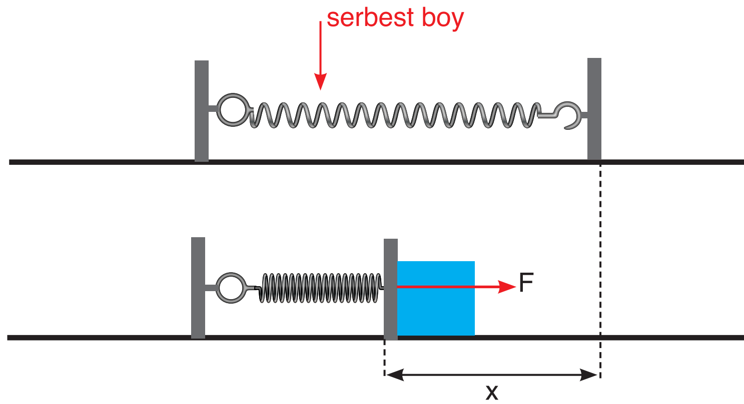
Buna göre cisimlerin yere göre potansiyel enerjileri E_X, E_Y, E_Z arasındaki büyüklük ilişkisini bulunuz.



Bilgi İletişim Teknolojisi

Kinetik ve potansiyel enerjinin bağlı olduğu değişkenleri gözlemek için aşağıdaki Genel Ağ adresinden yararlanabilirsiniz.

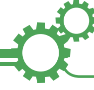
https://goo.gl/rF6b81

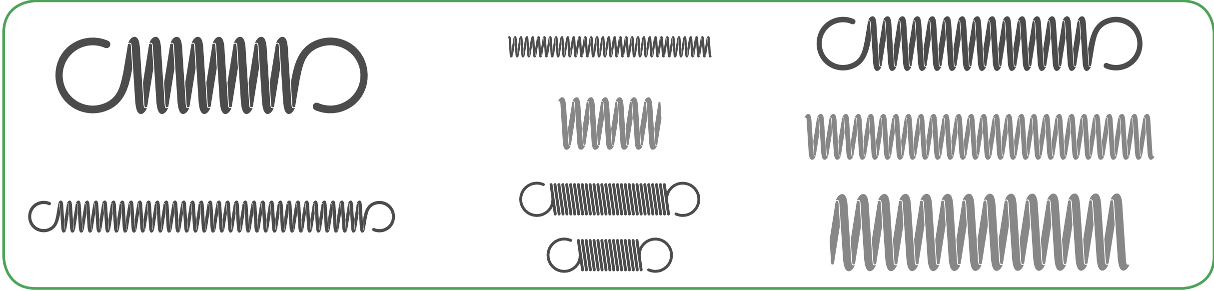


Şekil 4.15: Sıkıştırılmış bir yayda enerji depolanmıştır.

Şekil 4.15'teki yay x kadar sıkıştırıldığında üzerine iş yapılmış dolayısıyla enerji depolanmış olmalıdır. Yayda enerji depolandığını sıkıştırılmış yay önüne bir cisim yerleştirip sistem serbest bırakıldığında cismin harekete başlamasından çıkarmak mümkündür. Sıkışmış yayın cisme kuvvet uygulayarak yol aldırması yani iş yapması yayda enerji depolandığının kanıtıdır. Yaylarda depolanmış bu potansiyel enerji türüne **esneklik potansiyel enerjisi** denir.

Esneklik potansiyel enerjisi, yayın sıkışma veya uzama miktarı ile yayın kuvvete karşı gösterdiği dirence (yay sabitine) bağlıdır.





Görsel 4.14: Farklı uzunluk, kalınlık ve cinste yaylar

Görsel 4.14'teki gibi yayların kuvvete karşı gösterdiği direnç yayın cinsine, uzunluğuna ve kalınlığına bağlı olarak değişir. Yay uzunluğu arttıkça yay sabiti (direnci) azalırken, yay kalınlığı arttıkça yay sabiti de artar.

x: yayın sıkışma miktarı

k: yay sabiti

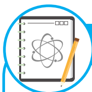
E_p: yayda depolanan enerji miktarı olmak üzere verildiğinde x kadar sıkıştırılmış veya uzamış, k yay sabitli bir yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisi miktarı,

$E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$ eşitliği ile hesaplanır.

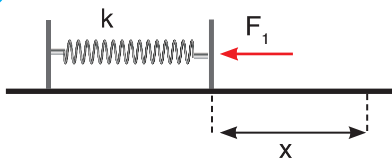
Esneklik potansiyel enerjisi birimi de jouledür. Yay sıkıştırılırken veya uzatılırken yay üzerine uygulanan kuvvetle yapılan iş miktarı yayda depo edilen enerji miktarıdır.

Görsel 4.15'teki çocuğun trambolinde sert bir zemindekinden daha çok zıplayabilmesi sıkışan yaylardan aldığı enerjiye bağlıdır. Sıkışan yayların uyguladığı kuvvet sayesinde çocuk hız kazanır. Yaylardaki esneklik potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür.

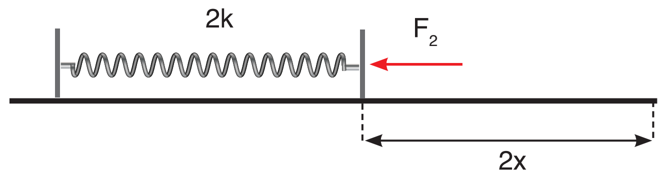
Görsel 4.15: Trambolinde zıplayan çocuk



Alıştırma 4-4



Şekil 1

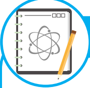


Şekil 2

Şekil 1 ve 2'deki serbest iken boyları eşit ve yay sabitleri k, 2k olan yaylar x ve 2x kadar sıkıştırıldığında önlerindeki tamponlara uygulanan kuvvetlerin büyüklüğü F_1, F_2 ve yaylardaki esneklik potansiyel enerjileri ise E_1, E_2 oluyor.

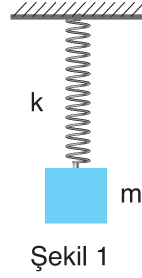
Buna göre

a) $\frac{F_1}{F_2}$ oranını **b)** $\frac{E_1}{E_2}$ oranını bulunuz.

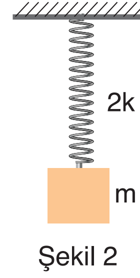


Alıştırma 4-5

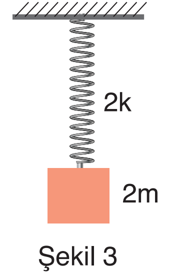
Şekil 1, 2, 3'teki yay sabitleri sırasıyla k, 2k ve 2k olan yaylara yine sırasıyla m, m ve 2m kütleli cisimler asılarak yaylar dengeleniyor. Bu durumda yaylardaki esneklik potansiyel enerjileri sırasıyla E_1, E_2 ve E_3 olmaktadır. Bu enerji miktarları arasındaki ilişkiyi kurarak büyükten küçüğe doğru sıralayınız.



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

Bilgi İletişim Teknolojisi

Aşağıdaki Genel Ağ adresinden esneklik potansiyel enerjisi ile ilgili simülasyonu izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/CYEbYG

Mekanik enerji yukarıda açıkladığımız kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamına denir. Buna göre bir cismin veya sistemin mekanik enerjisini E_M, kinetik enerjisini E_K, potansiyel enerjisini E_p ile ifade edersek

$E_M = E_K + E_p$ dir.

Süreci Değerlendirelim 4-2

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

direnç	potansiyel	hız	mekanik	esneklik
joule	karşı	karesi	enerji	negatif

1) Öteleme kinetik enerjisi cisimlerin kütle ve .... değerlerine bağlıdır.

2) Kinetik enerji azalıyorsa cisim üzerine .... net iş yapılmış demektir.

3) Cisim veya sistemlerin yer ve durumlarından dolayı sahip oldukları enerjiye .... enerji denir.

4) Yerin cisimlere uyguladığı çekim kuvvetine .... iş yapılmış ise potansiyel enerji artarak değişir.

5) Yay üzerine yapılan iş yayda .... depolanmasına neden olur.

6) Esneklik potansiyel enerjisi birimi ....

7) Kinetik ve potansiyel enerjiler toplamı ....enerji miktarını verir.

8) Yayın kalınlığı arttıkça kuvvete karşı gösterdiği .... artar.

4.3. ENERJİNİN KORUNUMU VE ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

4.3.1. Enerji Korunumu, Aktarımı, Enerjinin Bir Türden Diğerine Dönüşümü

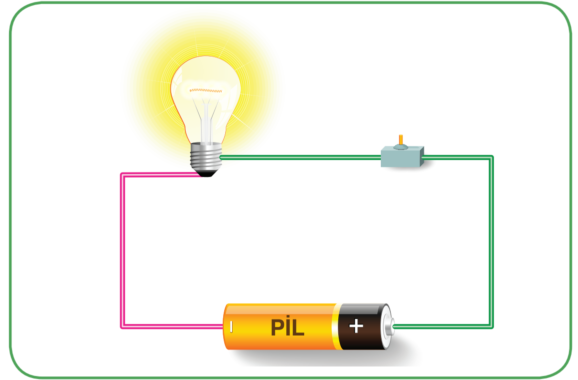
Enerji bir sistemden diğerine aktarılabildiği gibi bir türden diğerine de dönüşebilir. Bir enerji türünden aynı anda birden fazla enerji türüne geçiş de gerçekleşebilir.

Görsel 4.16: Esnek teli geren sporcu cisim üzerine yaptığı iş miktarı kadar potansiyel enerji depolar.

Ok atan biri Görsel 4.16'daki gibi yaya uyguladığı kuvvetle iş yapmış, dolayısıyla yayda esneklik potansiyel enerjisi depolamış olur. Yay serbest bırakıldığında bu enerji, yaydan oka etkiyen kuvvetle okun kinetik enerji kazanmasını sağlar. Ok sahip olduğu hızın yönüne göre yerden yükseliyorsa bu enerjinin bir kısmı kütle çekim potansiyel enerjisi olacaktır.

W(Yay üzerine yapılan iş) → Esneklik potansiyel enerjisi → Kinetik enerji + Çekim potansiyel enerjisi

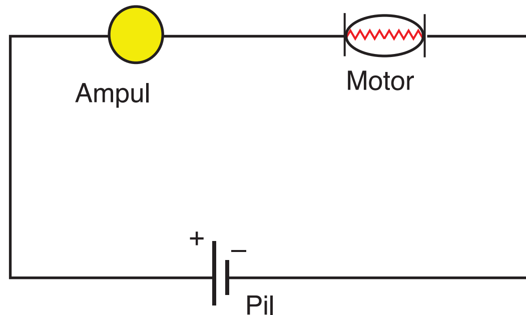
Sürtünme kuvvetinin bulunduğu ortamlarda sıraladığımız bu enerjilerin yanı sıra ısıya dönüşen enerji de olacaktır. Ancak sürtünmeli veya sürtünmesiz ortamlarda gerçekleşen enerji dönüşümlerinde diğer enerji türlerine aktarılan miktar başlangıçtaki enerji miktarına eşit olur. Hiçbir durumda daha fazla veya daha eksik geçiş olmaz.



Görsel 4.17: Basit bir elektrik devresinde ampulün ışık vermesi, pildeki kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesi sonucu gerçekleşir.

Enerji dönüşümlerini farklı enerji türlerinde de görmek mümkündür. Bir elektrik devresi üzerinden örnek verelim. Görsel 4.17'deki gibi bir elektrik devresinde, doğru akım kaynağı olan pilde harcanan kimyasal enerji, elektrotlarda potansiyel fark oluşumunu sağlayacaktır. Bu elektrotlara bağlanacak iletkende elektronlar elektriksel kuvvet etkisinde kalır. Elektriksel kuvvetin yaptığı iş, elektrik enerjisi olur. Bu devredeki ampulde harcanan elektrik enerjisi, ısı ve ışık enerjilerine dönüşür.

Taşıtlarda kullanılan akümülatörlerle, hesap makinelerinde, radyo, el feneri ve uzaktan kumandalarda kullanılan piller depo ettikleri kimyasal enerjiyi istendiğinde elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 4.16: Pil, ampul ve motorun bulunduğu elektrik devresi

Şekil 4.16'daki gibi bir elektrik devresinde bulunan motorla elektrik enerjisinin bir kısmı mekanik enerjiye dönüşecektir. Örneğin motor bir yükün yükselmesini yani potansiyel enerjisini değiştirebileceği gibi hız kazandırarak kinetik enerjisinin oluşmasını

da sağlayacaktır. Ayrıca motor çalışırken hava moleküllerinin titreştirilmesi ile ses enerjisine ve motorun sıcaklığının değişmesi ile ısı enerjisine dönüşümden de söz edilebilir.

Bu dönüşümlerin gerçekleştiği sistemde, aktarılan enerjilerin tamamı aslında pildeki kimyasal enerji kadardır. Pil bittiğinde hiç eksiksiz tüm kimyasal enerjinin farklı enerji türlerine aktarıldığını söyleyebiliriz. Enerji dönüşümlerini sıralarsak

Kimyasal enerji → Elektrik enerjisi → Isı + Işık + Mekanik + Ses

şeklinde yazabiliriz.

Görsel 4.18'deki rüzgâr türbinlerinden enerji üretimi, kinetik enerjiye sahip hava moleküllerinin pervanelere çarpması ile başlar. Moleküllerin aktardığı enerji, pervaneleri döndürürken sisteme bağlı jeneratör çalışır. Böylelikle elektrik enerjisi üretimi sağlanır.

Görsel 4.18: Rüzgâr türbinleri

Enerji dönüşümü sıralaması şu şekildedir:

Rüzgâr enerjisi → Mekanik enerji → Elektrik enerjisi

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi yapılabildiği gibi dalga enerjisinden de elektrik enerjisine dönüşüm gerçekleştirilmektedir.

Görsel 4.19'daki gibi bir dalga santralinde iki farklı yolla elektrik enerjisi üretilir. Bunlardan birinde denizdeki dalgaların ileri-geri hareketinden yararlanılarak su altına yerleştirilen pervanelerin dönmesi sağlanır. Rüzgâr türbinlerindeki gibi bu hareket bir jeneratöre aktarılarak elektrik enerjisinin üretimi gerçekleştirilir. Bir diğer dalga santrali tipinde ise dalgaların yukarı aşağı hareketi dubalara bağlanmış mıknatısların bobin içerisinde hareketini sağlayarak elektrik enerjisinin üretimini başlatır. Bu durumda enerji dönüşümünü,

Görsel 4.19: Dalga santrali

Dalga enerjisi → Mekanik enerji → Elektrik enerjisi

şeklinde sıralayabiliriz.

Elektrik enerjisinin üretimi daha farklı yöntemlerle de gerçekleştirilir. Örneğin Görsel 4.20'deki yapıya sahip olan nükleer santrallerde, kullanılan kaynak uranyumdur. Uranyum yakıt olarak kullanılır. Uranyum çekirdeği parçalanarak elde edilen enerji önce ısı, ardından mekanik enerjiye dönüştürülür. Elde edilen mekanik enerji bir manyetik alandaki sarımlı çerçevelerin dönmesini ve elektrik enerjisinin üretilmesini sağlar.

Görsel 4.20: Nükleer santral yapıları

Buna göre nükleer santrallerde enerji dönüşümü,

Uranyum çekirdeği enerjisi → Isı enerjisi → Mekanik enerji → Elektrik enerjisi

şeklinde sıralanabilir.

Görsel 4.21'deki gibi yapılandırılmış güneş pilleri de ışık enerjisinden elektrik enerjisine dönüşümü gerçekleştiren düzeneklerdir. Işık ışınlarının taşıdığı enerji güneş pillerinde bulunan elektronları harekete geçirerek elektrik akımının oluşumunu sağlar.

Buna göre güneş pillerindeki enerji dönüşümü,

Güneş enerjisi → Elektrik enerjisi şeklinde yazılabilir.

Görsel 4.21: Güneş pilleri

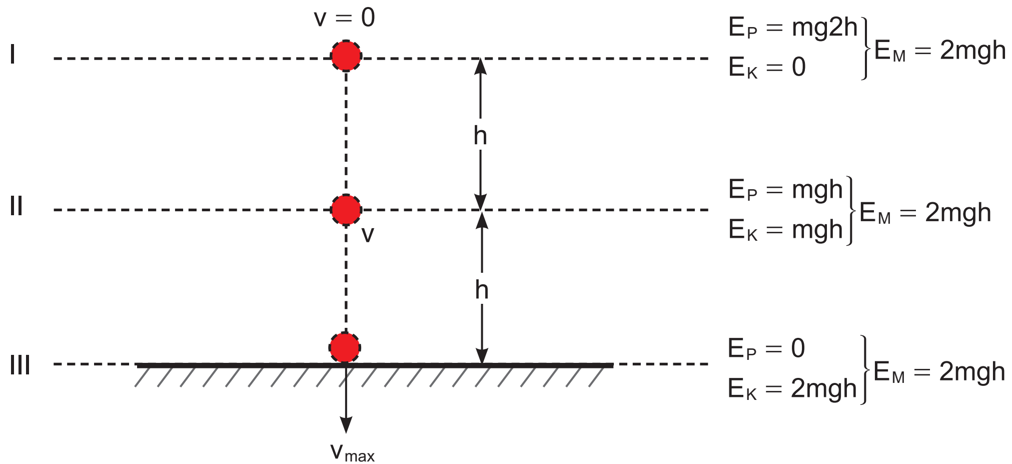
Bizim temel enerji kaynağımız Güneş'tir. Dünya, Güneş sistemi içinde yer almakta ve içinde bulunduğu sistemle sürekli ısı alışverişinde bulunmaktadır. Güneş'ten Dünya'ya gelen enerji, Dünya'da değişik enerji türlerine dönüştürülmektedir.

Araştıralım

Dünya'nın içinde bulunduğu sistemle gerçekleştirdiği ısı alışverişindeki denge ile küresel ısınma arasında bir ilişki olup olmadığını araştırınız. Araştırma yaparken Genel Ağ, kütüphane ve bilimsel makalelerden yararlanabilirsiniz. Araştırma sonuçlarınızı bir rapor hâline getirip etkileşimli tahta aracılığı ile arkadaşlarınızla paylaşınız.

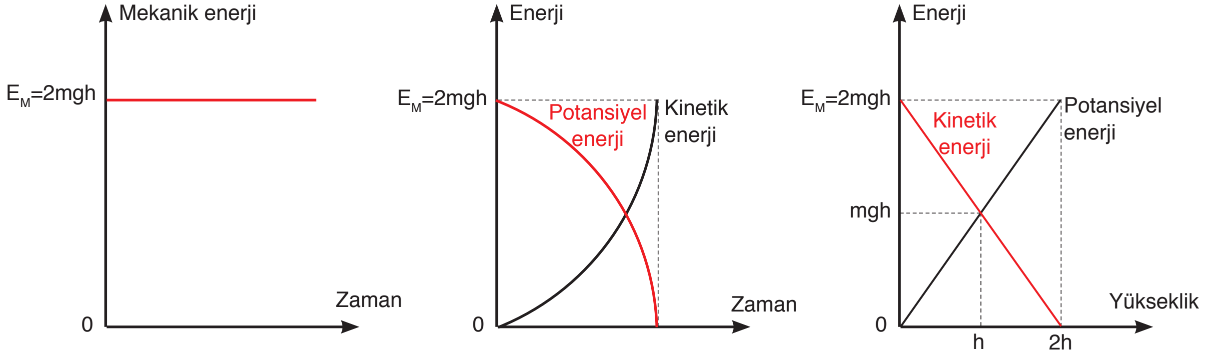
Enerji dönüşümünü mekanik enerji türlerinde incelediğimizde de aktarımın gerçekleştiğini görürüz.

Daha önceki bölümde yerden belirli bir yükseklikte bulunan cisim için potansiyel enerji eşitliğini yazmıştık. Şimdi bu cismi hava sürtünmesinin önemsenmediği ortamda serbest bırakacak olursak Şekil 4.17'deki gibi cismin yere düşerken potansiyel enerjisinin azaldığını, kinetik enerjisinin ise arttığını görürüz.



Şekil 4.17: Yere doğru hareket eden cismin potansiyel (E_P) ve kinetik enerjisi (E_K) değişirken mekanik enerjisi (E_M) sabit kalır.

Bu durumda cismin mekanik enerji-zaman, enerji-zaman ve enerji-yükseklik grafikleri Şekil 4.18'deki gibi olur.



Şekil 4.18: Hava sürtünmesinin önemsenmediği ortamda yere doğru düşen bir cismin mekanik enerji-zaman, enerji-zaman ve enerji-yükseklik grafikleri

Bu örnekte de görüleceği gibi dış kuvvetlerin bulunmadığı durumlarda sistemin mekanik enerjisi değişmez. Dış kuvvetler iş yaptığında mekanik enerji yapılan iş miktarı kadar değişir.

$W = \triangle E_{mekanik}$ olur.

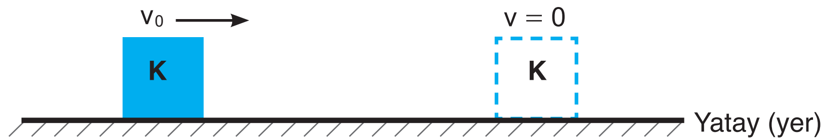
$W = 0$ ise $\triangle E_{mekanik} = 0$ olmaktadır.

Sürtünmesiz ortamlarda dış kuvvetin etkimediği sistemlerde kinetik enerji değişirken potansiyel enerji de değişime uğrar. Ancak bir enerji türündeki değişim azalma şeklinde ise diğer enerji türünde artış bulunur. Buna göre

$\triangle E_{mekanik} = E_{kinetik} + E_{potansiyel}$ toplamı sabit kalacağından

$\triangle E_{kinetik} = -E_{potansiyel}$ olur.

Kinetik ve potansiyel enerji toplamının sabit kalmadığı durumlarda sistemin mekanik enerjisi ısıya dönüşen enerji nedeniyle azalabilir.



Şekil 4.19: Yatay düzlemde yavaşlayıp duran cismin kinetik enerjisi azalırken ısı enerjisine dönüşüm olmaktadır.

Örneğin Şekil 4.19'daki gibi bir cisim v hızıyla hareketli iken yavaşlayıp durmuşsa kinetik enerjisi azalıp sıfırlanmış demektir. Yatay düzlemde hareketli bu cismin kinetik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşmediğine göre mekanik enerjisinin de azalarak değiştiği söylenebilir. Cismin yolun başında sahip olduğu kinetik enerjisi sürtünme kuvvetinin yaptığı negatif iş ile ısı enerjisine dönüşmüştür.

Sürtünme kuvvetine karşı yapılan iş, sürtünmeli yüzeylerin ısınmasına neden olur. Harcanan enerjinin tamamı sürtünmeden dolayı bizim arzuladığımız işe dönüştürülemez. Hareket eden bir otomobilin motor aksamının ve tekerleklerinin ısınmasının nedeni sürtünmedir. Sürtünme, enerji kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle sürtünmeyi azaltarak enerjiyi daha az kullanmanın yolları araştırılmaktadır.

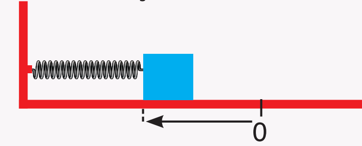
Kara, hava, deniz taşıtlarına aerodinamik bir dış görünüm verilerek hava sürtünmesi en az düzeye indirilmeye çalışılmaktadır.

Konuda verilen örneklere göre enerjinin korunduğu, bir cisimden diğerine aktarılabildiği ve bir türden başka bir türe dönüşebildiği çıkarımını yapabiliriz.

Etkinlik

Bir ucundan sabitleyeceğiniz bir yayı önüne bir kütle koyarak bir miktar sıkıştırıp serbest bırakınız. Kütle yatay düzlemde belirli bir yolun sonunda durduğunda mekanik enerji dönüşümü ve ısıya aktarılan enerji miktarını tartışınız. Cisim daha büyük kütleli olsaydı aynı yay aynı miktarda sıkıştırıldığında ısıya dönüşen miktar değişir miydi? Cismin duruncaya kadar aldığı yol değişir miydi?

Şekil 1



Şekil 2

Evren, uzay ve uzayda bulunan tüm madde ve enerji biçimlerini içeren bütünün adıdır. Evren yalıtılmış bir sistemdir. Evrendeki toplam enerji miktarı sabittir. Enerji bir türden başka bir türe dönüşebilir. Evrenin bir yerinde enerji miktarı artarken diğer tarafında azalabilir. Ancak evrenin toplam enerjisi değişmez. Evrenin enerjisi sabittir ve evrendeki toplam enerji korunur.

Araştıralım

Evrenin toplam enerjisinin nasıl korunduğunu ve sabit olduğunu Genel Ağ, kütüphane ve bilimsel yayınlardan araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınıza sununuz.

Süreci Değerlendirelim 4-3

Aşağıda parantez içindeki boşluklara verilen cümle doğru ise "D'' yanlış ise "Y" yazınız.

1) (   ) Enerji bir türden diğerine dönüşüp bir sistemden diğerine aktarılabilir.

2) (   ) Bir ampulde elektrik enerjisi harcanırken ısı ve ışık enerjisine dönüşüm gerçekleşmektedir.

3) (   ) Akümülatörlerde kimyasal enerji tüketilirken yalnızca elektrik ve ısı enerjilerine dönüşüm olur.

4) (   ) Dalga santralleri mekanik enerjiden elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirir.

5) (   ) Güneş pilleri ışık enerjisinden ısı enerjisi üretirler.

6) (   ) Sürtünmesiz ortamlarda yerden belirli bir yükseklikten bırakılan cisimlerin yere düşerken mekanik enerjisi artar.

7) (   ) Dış kuvvetlerin bulunmadığı sürtünmesiz ortamlarda cisimler veya sistemler için mekanik enerji sabittir.

4.3.2. Canlıların Besinlerden Kazandıkları Enerji

Canlılar, yaşamsal faaliyetlerini sahip oldukları enerji ile gerçekleştirir. Canlıların büyüyüp gelişmesi, sindirim, solunum gibi fiziksel olayları tamamlaması enerji üretimi ve enerji harcanması sonucu tamamlanır. Canlılarda en küçük boyuttaki hücre faaliyetleri doğrudan enerji ile ilişkilidir.

Alınan Enerjiler

Fiziksel aktivitelerin gerçekleştirilebilmesi için vücudumuzun gereksinim duyduğu enerji; protein, karbonhidrat, yağ gibi besinlerden elde edilir. Görsel 4.22'de görülen et, süt, yumurta, peynir gibi besin maddeleri proteince zengin iken Görsel 4.23'te görülen pirinç, buğday, bulgur gibi tahıllar karbonhidrat kaynağıdır. 1 g karbonhidrat 4 kcal enerji sağlamaktadır. Görsel 4.24'teki sıvı ve katı yağlar ise A, D, E ve K gibi vitaminlerini vücudumuza taşır ve 1 g'ı ile 9 kcal enerji almamızı sağlar.

Görsel 4.22: Protein içeren besin maddeleri

Görsel 4.23 Karbonhidrat içeren besin maddeleri

Görsel 4.24: Yemeklik sıvı ve katı yağlar

Tablo 4.3'te bazı besinlerin içerdiği enerji değerleri verilmektedir. Tablo 4.4'te kahvaltıda yediğimiz yiyeceklerin enerji değerleri verilmiştir.

Tablo 4.3: Bazı yemeklerin porsiyonlarının enerji değerleri (kcal)

Yemekler (100 g)	Enerjisi (kcal)
Tavuk haşlama	250
Köfte	300-250
Bulgur pilavı	300
Pirinç pilavı	320
Kuru baklagiller	300-350
Makarna	350

Tablo 4.4: Kahvaltıda yediğimiz yiyeceklerin enerji değerleri (kcal)

Yemekler (100 g)	Enerjisi (kcal)
Siyah zeytin (10-15 adet)	60
Yumurta (1 adet)	80
Beyaz peynir (Kibrit kutusu kadar)	90
Reçel (100 g)	90
Kaşar (2/3 kibrit kutusu kadar)	120
Ekmek (2 orta dilim)	250

Harcanan Enerji

Enerji harcama işlemi de alma işlemi gibi canlı yaşamının başlangıcından itibaren gerçekleşmektedir. Yetişkin bir insanda enerji harcama işlemi iki farklı biçimde olmaktadır. Bunlardan birincisi yürüme, koşma, spor yapma gibi fiziksel etkinlikleri yaparken diğeri vücudu oluşturan sistemlerin çalışması esnasında olmaktadır.

Yetişkin bir insanın tam olarak dinlenme sırasında yalnızca yaşamını sürdürebilmek için harcayacağı en küçük enerji değerine **temel enerji gereksinimi** denir. Bazal metabolik oran olarak da adlandırılan (BMO) bu değer bir insanın harcayacağı tüm enerjilerinin %60-70'ine denk gelmektedir. Bazal metabolik oran, kadın ve erkeklerde yaş sınırına da bağlı olarak değişir. Bazal metabolik oran 10-18 yaş aralığı için

Erkeklerde $E_{BMO} = 17,5 \cdot \text{Kütle}(kg) + 651$

Kızlarda $E_{BMO} = 12,2 \cdot \text{Kütle}(kg) + 756$ olarak hesaplanmaktadır.

Sonuç olarak bir yetişkin insan vücudunda harcanan enerji (E), temel enerji gereksinimi (E_{BMO}) ile fiziksel etkinliklerde harcanan enerjinin (E_F) toplamı olmalıdır.

$E = E_{BMO} + E_F$

Büyüme çağındaki bir çocuğun fazladan büyüme enerjisi olarak adlandırılabilecek bir miktara da gereksinimi olur. Gençlik döneminden önce alınan enerjinin bir kısmının yağ olarak depo edildiği, daha sonra bu yağların hücre oluşturulmasında büyümede kullanıldığı bilinmektedir.

Tablo 4.5'te bir kişinin temel enerji gereksinimi de dâhil bazı fiziksel etkinleri için 1 saatte harcadığı enerji değerleri verilmiştir. Canlılar fiziksel anlamda iş yapmasa da enerji harcarlar. Uyurken, TV izlerken, otururken enerji harcarız.

Tablo 4.5: Bir kişinin temel enerji gereksinimi de dahil 1 saatlik fiziksel etkinlik için harcadığı enerji miktarları

Aktivite türü	Bir saatte harcanan enerji (kcal) Erkek	Bir saatte harcanan enerji (kcal) Kadın
Uyku	62-63	52-53
Giyinme-Soyunma	110-128	80-88
Oturarak vakit geçirme	91-98	70-77
Ayakta el işi-Yavaş yürüme	195-210	150-166
Hızlı yürüme	286-308	286-308
Koşma-Yüzme	455-490	350-385
Ev işleri	162-175	125-137

Sağlıklı Beslenme

Yaşamın her döneminde alınan enerji ile harcanan enerji arasında fark varsa ve alınan enerji daha fazla ise kilo almak, alınan enerji daha az ise kilo vermek kaçınılmazdır. Bu enerjiler arasında eşitlik olması kilonun korunmasına yardımcı olacaktır.

Sağlıklı beslenme yeterli ve dengeli beslenmek olarak düşünülmeli, tüketilen besinlerin besin-lif oranının yüksek, ancak kalorisinin düşük olmasına dikkat edilmelidir. Bir elmaya göre yaklaşık aynı kütle değerine sahip bir çikolatada enerji oranı 16 kat artmaktadır.

İnsanın ailesine ve vatanına karşı sorumluluklarını yerine getirebilmesi öncelikle sağlığını korumasından geçer. O hâlde sağlıklı beslenme alışkanlığı edinmemiz, kendimize karşı sorumluluklarımız arasında yer alır. Toplumu ilgilendiren problemlerden biri de hazır gıda tüketimdeki artıştır. Hazır gıdanın sağlık açısından yararlı olmadığı bilim insanlarınca belirtilmektedir. Bu konuda daha dikkatlı olup çevremizdeki kişileri de bilgilendirmeliyiz.

4.4. VERİM

4.4.1. Verim Kavramı ve Enerji Verimliliği

Günlük yaşantımızda kullandığımız pek çok alet ve araç için güç kavramını kullanırız. Gücü yüksek bir çamaşır makinesi veya elektrik süpürgesi, gücü yüksek bir ampul az zamanda çok enerji harcayan araçlardır. Bu durumda, enerji tüketimini dolayısıyla ödenen maddi bedelin artmasına sebebiyet verir. Bu nedenle kullanılan araçlarda yalnızca gücün yüksek olmasına dikkat edilmemeli aynı zamanda aracın verimliliği de dikkate alınmalıdır. O hâlde verimlilik kavramı tam olarak öğrenilmek durumundadır.

Özellikle elektrikli araçlara veya makinelere verilen enerji ile onlardan alınan enerji birbirine eşit olmaz. Bu araçlarda sürtünmeden dolayı istenilenin dışında ısıya dönüşen enerji de olacaktır. Herhangi bir araç veya makinenin verimi o araç veya makineye verilen enerji ile onlardan alınan enerji oranıdır.

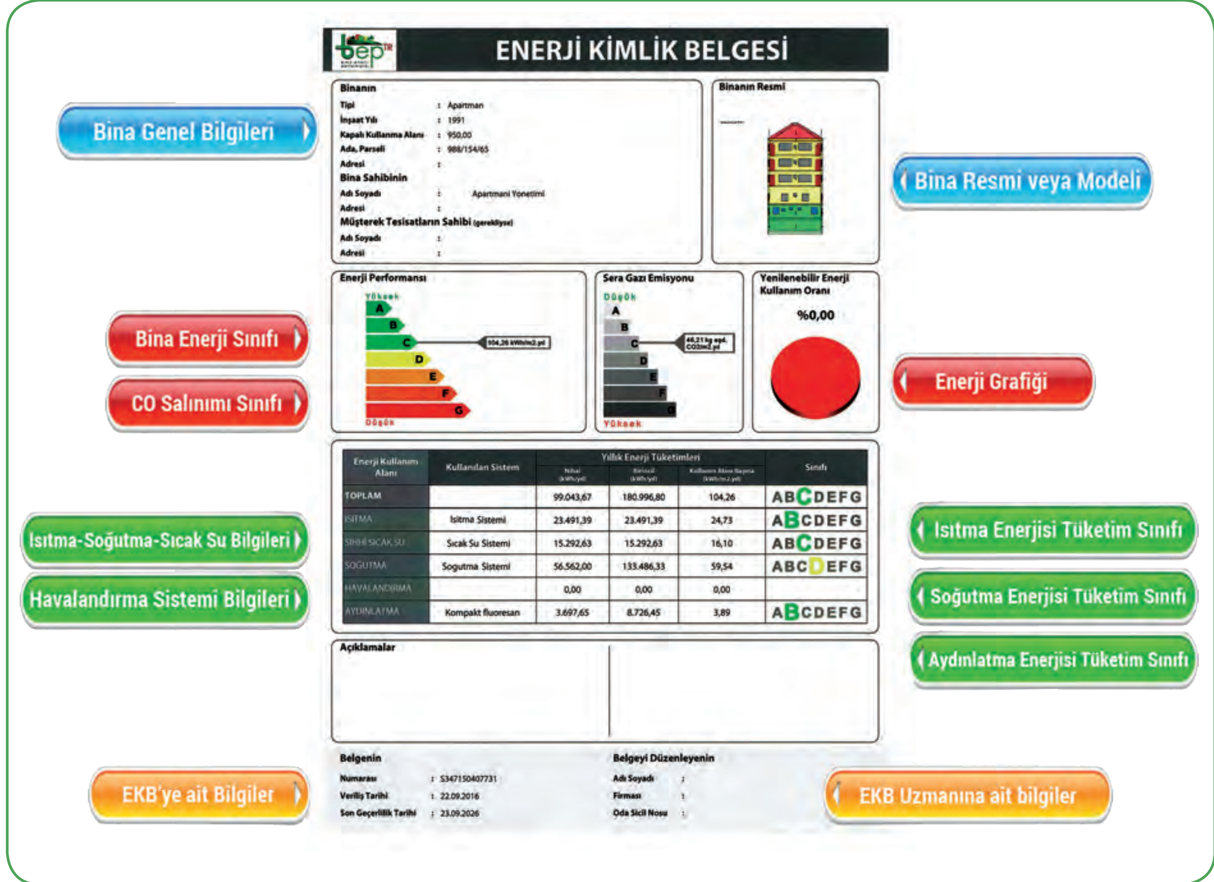
Buna göre verim değerini,

$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan enerji}}{\text{Verilen enerji}} = \frac{\text{Alınan güç} \times 100}{\text{Verilen güç} \times 100}$$

şeklinde yazabiliriz. Bu enerji alışverişi aynı zamanlarda gerçekleştiği için verim, güçler oranı olarak da kullanılır.

Enerji Verimliliği

Dünya üzerinde enerjiye olan talebin sürekli olarak artması mevcut kaynakların etkin ve verimli biçimde değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Enerji verimliliği enerji atıklarının değerlendirilmesi ve mevcut enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla sağlanabilir. Bunun için öncelikle enerji kullanım alışkanlıklarımızı değiştirerek enerjiyi tasarruflu kullanmalıyız. Bunun yanında enerjiyi daha az tüketen teknolojilerle üretilmiş araçları tercih etmeliyiz.



Görsel 4.25: Binalar için enerji kimlik belgesi

Buzdolabı, çamaşır makinesi gibi beyaz eşyalarda gördüğümüz Enerji Kimlik Belgeleri (EKB) artık binalar için de geçerlidir. Enerji kimlik belgesi (Görsel 4.25) binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, yalıtım özellikleri ve ısıtma-soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içerir. Binalarda enerji verimliliği bakımından sınıflandırma yapan bu belgede A sınıfı en verimli seviyeyi belirtirken G sınıfı en düşük verimli seviyeyi belirtmektedir.

Tarihsel süreçte enerji verimliliği üzerine birçok çalışma yapılmış, verimi arttırmaya yönelik çeşitli sistemler tasarlanmıştır. Bunlardan bazılarının çalışma prensiplerini inceleyelim.

Devir Daim Makineleri

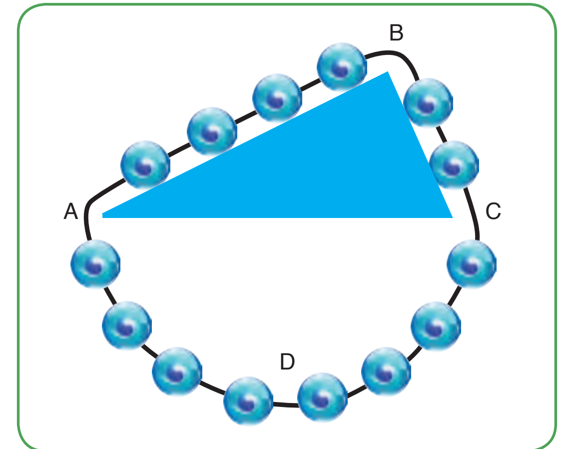
Belirli bir enerji verilip sonra bu enerjiyi kestiğimizde kendi enerjisini üreterek sürekli çalışabilen bir sistem acaba mümkün mü? Fizik kuralları gereği %100 verimli bir araç yapmak tarihsel süreçte birçok kez denenmesine rağmen mümkün olmamıştır. Kendi kendine yetebilen enerjiyle bir iş ve fayda sağlayan düzeneklere **devir daim makinesi** denir. Sisteme, dışarıdan bir kuvvet uygulamasının olmadığı

durumlarda mekanik enerjinin korunacağını söylemiştik. Ayrıca sürtünmeden dolayı harcanan enerjinin %100 hedeflenen işe dönüşemeyeceğinden de söz ettik. Bu bilgiler ışığında, verdiğimiz enerjiyi bir defaya mahsus alıp sonra bunu almayarak kendi enerjisini kendisi üretebilen bir makine olabilir mi?

Devir daim makinesi, böyle bir hayali gerçekleştirmek için tasarlanan bir düzenektir. Bilinen en eski devir daim makinesi 1150 yılında Hintli matematikçi ve gök bilimci Bhaskara'nın (Baskara) geliştirdiği dişli çark sistemidir (Görsel 4.26).

Görsel 4.26: Bhaskara'nın geliştirdiği devir daim makinesi

Hollandalı matematikçi ve mühendis Simon Stevin (Saymın Stevın; 1548-1620) da Görsel 4.27'deki tasarımı geliştiriyor. Tasarımında eşit kütleli bilyeleri birbirine bağlıyor ve bu bilyeleri eğimleri farklı olan birleştirilmiş eğik düzleme yerleştiriyor. Eğik düzlemde bilyeler serbest kalınca sağ taraftaki bilyelere eğimin fazla olmasından dolayı daha fazla kuvvet etki ettiği için eğik düzlem üzerindeki bilyeler aşağıya doğru hareket ediyor. Böylece bir devir daim meydana geliyor.



Görsel 4.27: Simon Stevin tarafından geliştirilen devir daim makinesinin tasarımı

O zamandan günümüze binlerce devir daim makinesi geliştirilmiş ve hiçbiri uygulamada başarılı olamamıştır. Bu konuda çalıştığına dair kuvvetli kanaat oluşan tek makine, 'Orffyreus' (Orfiriyus) olarak tanınan Alman mucit Şansölye Johann Ernest Elias Bessler'e (Coan Ernist Eliyas Bisler) ait makinedir. Bessler, 1712'de devir daim makinesi üstünde ilk çalışmalarını başlatmış, kendiliğinden çalışır görünen bazı tekerlekler yapmıştı. 'Orffyreus tekerleği' adı verilen 5 ayrı makine yapan mucidin eseri 12 Kasım 1712'de bir grup bilim insanı ve gözlemci tarafından incelendikten sonra bir odaya kapatıldı, kapı mühürlendi. Heyet, 4 Ocak 1713'te tekrar odaya girince cihazın hızını değiştirmeden 26 devir/dakika ile çalıştığına şahit oldu. Bessler'e "sırrını açıkla" baskısı artınca mucit, cihazını parçalamıştır. Kısa süre sonra aniden ölünce sırları da onunla beraber gömülmüştür.

Araştıralım – Tartışalım

Yukarıda bahsedilen türde bir makinenin icadı bilimin geldiği bu noktada şu aşamada mümkün müdür? Bu konuyu sınıf içinde tartışınız.

Proje

Verim Artırmak İçin Tasarım Yapıp Model Geliştirelim

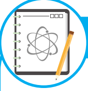
1) Sınıfınızda iki kişilik gruplar oluşturunuz.

2) Günlük hayatta kullanılan makine çeşitlerini belirleyiniz.

3) Siz de bir makine tasarlayınız ve model geliştiriniz.

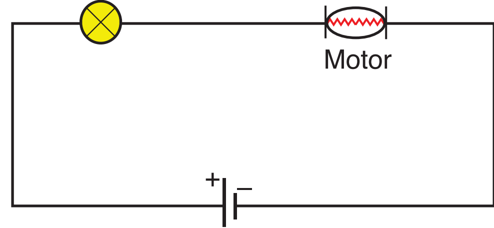
4) Bu makinenin enerji verimliliğini geliştirmek için neler yapabileceğinizi tartışınız.

5) Yapılan tasarım ve modelleri sınıfta arkadaşlarınıza sununuz. Geliştirilen tasarımların alternatif bir çözüm olup olmadığını sınıfta tartışınız.



Alıştırma 4-6

Şekilde elektrik devresindeki motorda 1 saniyede harcanan elektrik enerjisi 7500 J iken, bu sürede ısıya dönüşen enerji 1500 J oluyor. Buna göre motorun veriminin % kaç olduğunu bulunuz.



Süreci Değerlendirelim 4-4

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

temel	canlı	verim
yağ	besin-lif	güç
enerji	hücre	depolama

1) Canlılarda .... faaliyetleri enerji ile gerçekleşir.

2) Vücudumuzun gereksinim duyduğu enerji; karbonhidrat, protein ve .... gibi besinlerle alınır.

3) Yetişkin bir insanın dinlenme esnasında yalnızca yaşamını sürdürmesi için alması gereken enerjiye .... enerji gereksinimi denir.

4) Sağlıklı beslenmede .... oranı yüksek besinler tüketilmelidir.

5) Bir makinede ...., makineye verilen enerji aynı iken alınan enerjinin artması ile artar.

4.5. ENERJİ KAYNAKLARI

4.5.1. Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları

Enerji, insanlığın en zorunlu ihtiyaçlarından biridir. Hızlı endüstrileşme ve modern ekonomik sistemlerin uygulanmasında, gıda üretiminde, tarımda, nakliye ve işleme aşamalarında artan enerji tüketimiyle enerji ihtiyacı giderek artmaktadır.

Görsel 4.28: Petrol, kömür ve doğal gaz yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır.

Yenilenemez Enerji Kaynakları

Petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlar (Görsel 4.28) en çok termik santrallerde elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. Fosil yakıtların temelinde hayvan ve bitki organizmalarında depo edilmiş güneş enerjisi vardır. Günlük hayatta kullandığımız benzin, mazot, LPG, plastik, naftalin, boya, teflon gibi maddeler petrol kaynaklıdır. Kömür, petrol, doğal gaz gibi binlerce yılda oluşmuş fosil yakıtlar, insanlığın gelişmesi ile hızla azalırken bu yakıtların atıkları hava, su ve toprak kirliliğine yol açmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sonucu atık olarak atmosfere karışan karbondioksit ve diğer zararlı gazlar hem çevre kirlenmesine hem de küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına neden olmaktadır. Yapılan ölçümler, küresel ısınma sürecinin başladığını göstermektedir. Bu gazların atmosferde fazla miktarda birikmesi doğal sera etkisini bozmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan fosil yakıtların elde edilmesi, taşınması, kullanılması oldukça kolaydır. İleri teknoloji gerektirmeyen, yanma tepkimeleri sonucu enerji veren fosil yakıtların Dünya'daki rezervleri sınırlıdır.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarından biri de nükleer enerjidir. Nükleer enerji, uranyum, plütonyum gibi radyoaktif elementlerin çekirdeklerindeki proton ve nötronları tutan enerjinin ortaya çıkarılması esasına dayanır. Bu elementlerin atom çekirdeklerinin parçalanması sonucu çok büyük miktarda enerji açığa çıkar. Dünyadaki elektriğin %20'si nükleer santrallerde üretilir (Görsel 4.29).

Görsel 4.29: Nükleer enerji güç santrali

Nükleer santrallerin kurulumu oldukça pahalıdır. Ancak kurulduktan sonra masrafları azalmaktadır. Bu santrallerde önemli iki sorun vardır. Birincisi uranyum, toryum gibi nükleer yakıt kaynaklarının sınırlı olmasıdır.

Bu sorunu aşmak isteyen bilim insanları başka yakıt türlerini araştırmaktadır. İkinci büyük sorun ise nükleer atıklardır. Nükleer atıklar çok uzun bir süre çevreye tehlikeli ışınlar salmaktadır. Bu nedenle bu atıkların çok iyi muhafaza edilmesi gerekmektedir. Kötü teknoloji ve doğal afetlerle oluşabilecek sızmaların radyoaktif çevresel kirliliğe yol açma tehlikesi vardır.

Bu dezavantajları yanında nükleer enerjinin avantajlı yanları bu enerjinin tercih edilme nedenidir. Nükleer enerji, asit yağmurlarına neden olmaz. Çevreye zararlı gazlar vermez ve sera etkisi oluşturmaz. Elde edilen enerjinin maliyeti fosil yakıtlı santrallere göre daha düşüktür. Az yakıtla çok enerji elde edilir.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Klasik enerji kaynaklarına alternatif olarak sunulan kaynaklardır. Güneş, rüzgâr, hidrojen, hidroelektrik ve jeotermal kaynaklar buna örnektir. Doğada sürekli var olan faktörlere dayalı olan bu kaynakların en önemli özelliği ise yenilenebilir olmaları ve doğaya zarar vermemeleridir.

Günümüzde fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan atık gazların çevreye yaptığı olumsuz etki, hükûmetleri ve bilim insanlarını alternatif enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Özellikle büyük şehirlerde taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonlar, tüm atmosferi kirleterek sera etkisi denilen ve gittikçe artan bir tehlikeyi de beraberinde getirmektedir. Ayrıca fosil yakıt kaynaklarının tükenmeye başlamasıyla patlak veren enerji krizi de alternatif enerji kaynaklarının kullanılma çabası üzerinde etkili olmuştur. Bu amaçla çeşitli araştırmalarla laboratuvar ortamlarında deneyler yapılmış ve fosil yakıtların yerini alabilecek temiz enerji kaynaklarının arayışına girilmiştir.

Yukarıda belirtilen iki temel problemin hem Dünya'ya hem insanlığa zarar vermeyecek bir şekilde çözümü mümkündür. Bu çözümün adı alternatif enerji kaynaklarının kullanımıdır. Bu kaynakları kullanmakla hem ihtiyaç duyulan enerji temin edilmiş olacak hem de temiz yöntemlerle enerji üretimi yapılacağından küresel iklim değişikliğinin yavaşlatılması mümkün olabilecektir. Bu, çevreye gösterilmesi gereken özen ve canlı yaşamına saygının göstergesidir. Aynı nedenlerle alternatif enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanma bir tercih değil zorunluluk olarak değerlendirilmelidir. Peki, alternatif enerji kaynakları nelerdir?

Yenilenebilir enerji kaynaklarını ve bunların özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

Hidrolik Enerji

Nehirlere kurulan barajlar sayesinde suyun hareketinden yararlanılarak üretilen elektrik enerjisidir (Görsel 4.30). Bu üretim şu şekilde gerçekleşir: Akarsuyun önü kesilir ve bir baraj gölü oluşturulur. Böylece suyun yüksekliği artırılarak potansiyel enerji kazanması sağlanır. Suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak elektrik üretilir. Dünya enerjisinin %20'si hidroelektrik santrallerde üretilir.

Görsel 4.30: Nehirlerde kurulan barajlar sayesinde elektrik üretilir.

Hidrolik enerjinin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Hidrolik Enerjinin Avantajları

- Kirlilik oluşturmaz, sera gazları, SO_2 ve partikül emisyonları yoktur.

- Ani enerji değişimlerinde çok çabuk devreye girer ve acil durumlarda ise çok çabuk devreden çıkar.
- Doğal kaynaklar kullanıldığından ithal enerji bağımlılığını önler.
- Yapılan yatırım sadece enerji için değil sulama ve su taşkınlarının kontrolü amaçlı da kullanılmaktadır.
- Nehir trafiğinde gerekli olan su seviyesinin sabit tutulmasını sağlar.
- Birim elektrik enerji maliyeti ucuzdur.

Hidrolik Enerjinin Dezavantajları

- İnşaat süresi oldukça uzundur.
- Uzun süreli ölçülen debi değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Yatırım maliyeti yüksektir.
- Etkili yağışlara ve kar erimelerine bağlı olarak olumsuz etkilenmesi mümkündür.

Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaçların içerisindeki ısı enerjisidir (Görsel 4.31). Yağmur ve kar suları, yer kabuğundaki çatlaklardan yer altına süzülerek magmanın ısıttığı kayalık katmanlara ulaşarak ısınır. Isınan sıcak sular, sıcak su kaynakları, buhar veya sıcak su-buhar karışımı şeklinde yeryüzüne ulaşır. Bu enerjiden, yer üstüne çıkan sıcak su ve buhar aracılığıyla yararlanılır. En eski çağlardan bu yana kullanılan kaplıcalar, jeotermal enerjinin ilk kullanım alanlarıdır. Jeotermal enerjiden kaynağın sıcaklığına bağlı olarak evlerin, hamamların ve seraların ısıtılmasında ya da elektrik üretiminde yararlanılır. Elektrik enerjisi üretmek amacıyla yapılan santraller 20. yüzyılın başlarından itibaren kurulmaya başlanmıştır. Jeotermal enerji Dünya genel enerji üretiminin %0,05'lik bir kısmını oluşturmaktadır.

Görsel 4.31: Jeotermal enerji kaynağı

Jeotermal enerji, ülkemiz için yenilenebilir, sürdürülebilir ve tükenmez bir enerji kaynağıdır. Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından Dünya'da 7, Avrupa'da ise 1. sıradadır. Bu enerjiyle elektrik enerjisinin %5'i, ısı enerjisinin %30'u karşılanmaktadır.

Jeotermal enerjinin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Jeotermal Enerjinin Avantajları

- Temiz, yüksek verimli, meteorolojik koşullardan bağımsız, güvenilir, kullanıma hazır bir enerjidir.
- İklim koşullarına bağlı olarak tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- İleri teknoloji gerektirmeyen bir enerji çeşididir.

Jeotermal Enerjinin Dezavantajları

- Ayırma ve temizleme işlemlerine rağmen sızan ve bacadan çıkan karbondioksit, hidrojen sülfür gibi zararlı gazlar, çevredeki canlılar ve santralde kullanılan elektronik donanım için zararlıdır.
- Bu özellikler, jeotermal santralin kuruluş maliyetini diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre artırmaktadır.
- Jeotermal suların korozyon ve kireçlenmeye neden olarak toprak yapısını bozduğu belirlenmiştir.

Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, Güneş ışığından enerji elde edilmesine dayalı teknolojidir. Dünya'daki hayatın temel enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş'in yaydığı ve Dünya'ya ulaşan enerji, Güneş'in çekirdeğinde yer alan füzyon tepkimeleri ile açığa çıkan nükleer enerjidir. Bu enerjinin Dünya'ya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşüş göstermiş ve çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilmiştir. Dünya'da yararlanılan en eski enerji kaynağı, güneş enerjisidir.

Ekoloji bilimi açısından temel enerji, güneş enerjisidir. Fosil yakıtlar dâhil, rüzgâr, su, biyogaz, alkol, gelgit, termik, dalga gibi tüm enerji kaynakları güneş enerjisinin türevleridir.

Ülkemiz güneş enerjisi açısından diğer ülkelere nazaran daha şanslıdır. Türkiye'ye düşen güneş enerjisi miktarı, tüm Avrupa ülkelerine düşen güneş enerjisinin toplamına eşittir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) verilerine göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat tir (günlük toplam 7,2 saat).

Güneş ışığının ve ısısının enerji olarak en yaygın kullanım alanlarından biri güneş kolektörüdür. Bu sistem, Güneş enerjisinin suyun ısıtılmasında kullanılması esasına dayanır. Güneş kolektörü bir evin çatısına kurulduğunda evin elektrik ihtiyacını karşılayacak güçtedir (Görsel 4.32 a). Güneş pilleri yardımıyla Güneş ışığı doğrudan elektrik üretiminde de kullanılmaktadır. Güneş pillerinin kullanıldığı hesap makinelerini hepiniz biliyorsunuz (Görsel 4.32 b). Günümüzde trafik lambaları da güneş enerjisi ile çalışan düzenekler hâline getirilmiştir. Ayrıca yakın gelecekte güneş enerjisiyle çalışan otomobiller de trafikteki yerini alacaktır.

Görsel 4.32: a) Güneş kolektörleri b) Güneş enerjisi yardımıyla çalışan hesap makinesi

Güneş enerjili sistemler içerisinde en yaygın kullanılanı ve en ekonomik olanı sıcak su depolama sistemleridir. Bu sistemde depolanan sıcak su, endüstride veya mekânların ihtiyacının karşılanmasında kullanılır.

Güneş enerjisinin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Güneş Enerjisinin Avantajları

- Tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür.

- Doğabilecek ekonomik bunalımdan etkilenmez.
- Karmaşık teknolojiye ihtiyaç duymaz.
- İşletme masrafları çok azdır.
- Gaz, duman, kükürt veya radyasyon gibi zararlı atıkları yoktur.

Güneş enerjisinin dezavantajları

- Birim yüzeye gelen Güneş ışınları devamlı olmadığından depolama gerektirir.
- Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında Güneş ışınları azdır, geceleri ise hiç yoktur.
- Güneş enerjisinden faydalanan birçok tesisin ilk yatırım masrafları fazladır.

Hidrojen Enerjisi

Dünya'nın giderek artan enerji gereksinimini, çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojinin hidrojen enerji sistemi olduğu bugün bütün bilim insanlarınca kabul edilmektedir.

Hidrojen enerjisinin insan ve çevre sağlığını tehdit edecek bir etkisi yoktur. Kömür, doğal gaz gibi fosil kaynakların yanı sıra sudan ve biyokütleden de elde edilen hidrojen, enerji kaynağından çok bir enerji taşıyıcısı olarak düşünülmektedir. Elektriğe 20. yüzyılın enerji taşıyıcısı, hidrojene ise 21. yüzyılın enerji taşıyıcısı diyenler vardır. Hidrojen yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya, sanayiden mutfaklarımıza kadar her alanda yararlanacağımız bir enerji sistemidir.

Hidrojen, içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak Dünya'daki gelişim, hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır (Görsel 4. 33).

Görsel 4.33: Hidrojen yakıt pilleri

1950'lerin sonlarında uzay çalışmalarında kullanılmaya başlayan yakıt pilleri, son yıllarda özellikle ulaştırma sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde başarı ile kullanıma sunulmuştur. Yakıt pilleri, taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalar için kullanılabildiği gibi elektrik santralleri için de uygun güç sağlayıcılardır. Yüksek verimlilik ve düşük emisyon nedeniyle ulaşım sektöründe de geniş kullanım alanı bulmuştur.

Hidrojen enerjisinin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Hidrojen enerjisinin avantajları

- Üretilmesi ve depolanması kolaydır.
- Enerji kaynağından çok bir enerji taşıyıcısı olduğundan iletimi uygun bir yakıttır.
- Elde edilen enerji, diğer enerji formlarına kolayca dönüştürülebilir.
- Yüksek verimlidir.
- Çevreye zararsızdır.
- Süreklidir ve uzun mesafelere enerji iletimini sağlar.

Hidrojen enerjisinin dezavantajları

- Hidrojen enerjisi üretimi için mutlaka başka bir enerji kaynağına ihtiyaç vardır.
- Hava ile karıştığında kolayca yanabilir. Bu durum güvenlik önlemlerini artırmayı gerektirir.
- Hidrojenin sıvı formda depo edilmesi zordur. Hidrojen çok düşük sıcaklıklarda sıvılaşır.

Rüzgâr Enerjisi

Alternatif enerji kaynakları içerisinde en az hidrojen enerjisi kadar faydalı olabilecek bir enerji kaynağı da rüzgârdır. Temiz, bol, yenilenebilir olmasının yanı sıra hemen hemen tüm Dünya genelinde faydalanma imkânı olan bir kaynaktır. Rüzgâr tarlalarında inşa edilen ve rüzgâr türbini adı verilen çok büyük pervaneli, yüksek kuleler aracılığıyla rüzgârın hareket enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülür (Görsel 4.34).

Görsel 4.34 : Rüzgâr türbinleri

Rüzgâr tarlaları denizde, karada ve sahilde yapılabilir. Az sayıda, büyük enerji üretim merkezleri kurmak yerine ülke geneline küçük üniteler hâlinde yayılmış rüzgâr türbinleri kurmak çok daha avantajlıdır. Rüzgâr tarlası kurulacak bölgelerin rüzgâr atlası birkaç yıllık çalışma sonucu çıkartılır ve ona göre türbinler kurulur. Bu atlasta, bir bölgedeki rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü gibi bilgiler bulunur. Rüzgâr, elektrik üretiminin yanı sıra hidrojen üretiminde de kullanılır. Rüzgârdan elde edilecek elektrikle suyun elektroliz edilmesi sonucunda; su, oksijen ve hidrojen elementlerine ayrılarak çok ucuz bir yolla hidrojen elde edilmesi sağlanacaktır.

1990 yılı ve sonrasında kullanımı en hızlı artan enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi, bu avantajları sayesinde tüm dünyanın dikkatini çekmeye devam ediyor. Rüzgârın hareket enerjisinden geçmişte yel değirmenleri ile yararlanılırdı. Günümüzde ise rüzgâr jeneratörleri ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Bir rüzgâr jeneratörü bir evin, okulun hatta bir köyün elektrik enerjisini karşılayabilir.

Rüzgâr enerjisi, Dünya'da kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. 2020'de Dünya elektrik talebinin %12'sinin bu enerjiden karşılanması hedeflenmektedir.

Rüzgâr enerjisinin başlıca avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Rüzgâr Enerjisinin Avantajları

- Temiz ve emisyonsuz bir enerji kaynağıdır.
- Yakıt maliyeti yoktur ve işletme masrafları çok azdır.
- Dışa bağımlı olmayan ve çevresel koşullar uygun olduğunda sürekli enerji oluşturan bir kaynaktır.
- Rüzgâr türbinleri karmaşık olmayan otomatik makinelerdir ve periyodik bakımlar sonucu 20-30 yıllık ömürleri boyunca sorunsuz çalışır.
- İşletmeye almak ve kullanmak üç ay gibi kısa bir sürede mümkün olabilmektedir.

Rüzgâr Enerjisinin Dezavantajları

- Enerji üretimi rüzgâra bağımlı olduğundan rüzgâr kesilmesi veya azalması ile enerji kaybı oluşur.
- Türbin maliyetleri yüksek olabilmektedir ancak gittikçe azalan bir maliyet durumu söz konusudur.
- Büyük, dönel bir makine olduğundan çevrede kuş ölümlerine neden olabilmektedir.
- Rüzgâr türbinlerinin meydana getirdiği ses şiddeti çevreye gürültü olarak yansıyabilir.
- Türbinler, elektromanyetik dalgayı etkileyebilir.

Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, bitki ve hayvan atıklarından yararlanılarak elde edilen enerjidir (Görsel 4.35). Biyokütle, yenilenebilir organik madde içeren atıktır. İnsanoğlu tahta veya odunları yakıp yemek pişirmeye veya ısınmaya başladığından beri biyokütle enerjisi kullanılmaktadır.

Hızlı büyüyen ağaçlar gibi biyokütle alanında kullanılmak için yetiştirilen bitkilere biyokütle ham maddesi denir. Otçul hayvanların dışkıları da biyokütle olarak tanımlanır.

Görsel 4.35: Ağaç yongalarından biyokütle enerjisi üretim tesisi

Endüstriyel anlamda biyokütle, yaşayan veya yakın zamanda yaşamış biyolojik maddelerden yakıt elde edilmesi ya da diğer endüstriyel amaçlarla kullanılması ile ilgilidir. Yaygın olarak, biyoyakıt elde etmek amacı ile yetiştirilen bitkiler ile lif, ısı ve kimyasal madde elde etmek üzere kullanılan hayvansal ve bitkisel ürünleri ifade eder. Biyokütleler, bir yakıt olarak yakılabilen organik atıkları da içerir. Buna karşın, coğrafi etkilerle değişikliğe uğramış, kömür, petrol gibi organik maddeleri içermez.

Biyokütle elde etmek üzere şeker kamışı, şeker pancarı, mısır, dallı darı, arpa, keten tohumu, ayçiçeği, kolza, soya fasulyesi, kavak, söğüt gibi pek çok değişik bitki yetiştirilebilir. Enerji elde etmek amacıyla yetiştirilen bitkiler enerji bitkileridir. Bu bitkilerin yapılarında özellikle selüloz ve odun özü gibi yüksek enerji içerikli maddeler bulunur. Petrole bağımlılığı azaltma ve küresel ısınma ile mücadelede yenilenebilir yakıtların artan önemi nedeniyle biyokütle üretimi büyüyen bir endüstri hâline gelmiştir.

Biyokütleler de petrol ve kömür gibi güneş enerjisinin depolanmış hâlidir. Bitkiler güneş enerjisini fotosentez aracılığıyla tutar.

Biyoyakıtların içerisindeki karbon, bitkilerin havadaki karbondioksidi parçalaması sonucu elde edildiği için biyoyakıtların yakılması, Dünya atmosferinde net karbondioksit artışına neden olmaz. Bu nedenle atmosferdeki karbondioksit miktarının artışına engel olabilmek için fosil yakıtlar yerine biyoyakıtların kullanılması gerektiği görüşü yaygındır.

Biyoyakıtlar, enerji dışında yapı malzemesi, geri dönüşümlü kâğıt ve plastik üretiminde de kullanılır.

Biyoyakıtlardan olan biyodizel; kanola, ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların katalizör eşliğinde alkol ile reaksiyonu sonucunda elde edilir. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel ham maddesi olarak kullanılabilir. Biyodizel, petrol içermez fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt ihtiyacını karşılamak üzere kullanılabilir.

Biyokütle enerjisinin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Biyokütle Enerjisinin Avantajları

- Biyokütle doğal enerji kaynağı olarak kendini sonsuza kadar yenileyebilecek bir enerji kaynağıdır.
- Biyokütle enerjisi, çevre kirliliği oluşturmaz, yüksek sıcaklık gerektirmez, depolanabilir.
- Biyokütle enerjisi, asit yağmurlarına yol açmaz ve sera etkisi oluşturmaz.

Biyokütle Enerjisinin Dezavantajları

- Su tüketimine, ormanların bozulmasına, toprak erozyonuna sebep olmak ve ekosistemi bozmak gibi olumsuzlukları vardır.

Dalga Enerjisi

Dalgalarda, kontrol altına alınmamış çok büyük bir enerji gizlidir. Dalga enerjisi, bir anlamda güneş enerjisinin bir başka biçimidir. Dalgalar rüzgârla, rüzgâr da Güneş'in yerküreyi ısıtmasıyla oluşur.

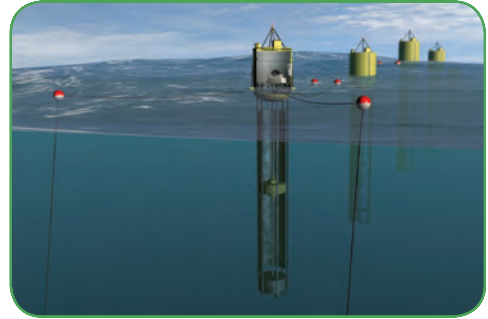
Rüzgâr su yüzeyinden esip geçerken sürtünmeye, yüzeyde kıpırtılara neden olur. Rüzgâr bu kıpırtıları itmeyi sürdürdükçe de kartopu etkisiyle sonuçta büyük dalgalar oluşur. Aslında bu, güneş enerjisinin rüzgâra, oradan da dalgalara taşınmasından başka bir şey değildir.

Rüzgâr, su kütlesini değil enerjiyi taşır. Su kütlesi, kinetik enerjinin, yani hareket hâlindeki enerjinin geçtiği bir ortam oluşturur. Bir başka deyişle, su parçacıkları taşıma bandının makarası gibi kayışı ileri doğru hareket ettirmek için döner ama bu süreçte ileriye doğru hareket etmez. Şamandıraların sudaki hareketle aşağıya inip yukarıya çıkmalarının nedeni budur.

Dalga enerjisi, dalganın yüzeyinden ya da yüzey altındaki dalgaların basıncından elde edilmektedir. Enerji üretiminde seyreltici ve nokta emici olarak adlandırılan iki sistem kullanılmaktadır. Dalga enerjisi üreten sistemlerden seyrelticilerin en iyi bilinen örneklerinden biri, Portekiz'deki Pelamis adlı aygıttır (Görsel 4.36). Bu yöntemde, birbirlerine menteşe ile tutturulmuş ve deniz dibine de demirle sabitlenmiş bir dizi uzun silindirik yüzer aygıttan yararlanılır. Silindirik parçalar, dalganın salınışıyla oynadıkça eklem yerlerindeki hidrolik serenleri hareket ettirir, bu hareket de elektrik jeneratörünü çalıştırır. Aygıtın ürettiği elektrik, kablolarla deniz dibinden kıyıya taşınır.

Görsel 4.36: Pelamis adlı aygıt

Dalga enerjisi üretiminde kullanılan nokta emicilerin en iyi örneklerinden biri ise şamandıradır (Görsel 4.37). Su altında dikine duran bir tüpe çarpan dalgalar bir pistonu çalıştırır. Piston, aşağıya ve yukarıya hareketlerle tüp içindeki suyu sıkıştırıp basınç oluşturur. Sıkışan su da elektrik jeneratörüne bağlı bir türbini çalıştırır.



Görsel 4.37: Dalga enerjisi üretiminde kullanılan şamandıra sistemi

Dalga enerjisinin avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

Dalga Enerjisinin Avantajları

- Temiz ve sınırsız bir enerjidir.
- İlk yatırım dışında başka yatırım gerektirmez.
- Deniz üzerine kurulduğu için tarım alanlarına, insan ve hayvanların yaşam alanlarına zarar vermez.
- Dalyan görevi gördüğü için deniz canlılarının çoğalmasına yardımcı olur.
- Çalıştırılması ve bakımı oldukça ucuzdur.

Dalga Enerjisinin Dezavantajları

- Enerji üretim maliyeti yüksektir.
- Ticari ve özel gemileri rahatsız etmektedir.
- Bazı bölgelerde güvenilmez dalga davranışları ile karşılaşılabilir. Bu durumda doğru dalga enerjisi tahmin edilemeyeceğinden güvenilir bir enerji kaynağı olma özelliğini yitirir.

Alıştırma

Tabloda verilen enerji türlerinin çevresel etkilerini karşılaştırınız. Bir enerji türü belirtilen çevresel etkiyi gösteriyorsa karşısına (+), göstermiyorsa (–) işareti koyunuz.

Etki / Enerji Türü	Toprak Kirliliği	Gürültü	İklim Değişikliği	Radyasyon	Asit Yağmurları	Su Kirliliği
Hidrolik						
Güneş						
Jeotermal						
Rüzgâr						
Hidrojen						
Dalga						
Biyokütle						

Enerji Tasarrufu İçin Neler Yapabiliriz?

Enerji verimliliğinde en önemli unsur enerji tasarrufudur. Evlerimizde enerji tasarrufu öncelikli düşünmemiz gereken bir konudur. Evlerimizde ısı yalıtımı, kullandığımız elektriksel araçların verimli olması tasarruf amaçlı tedbirlerdendir.

Biz de kendimizle ilgili bazı tasarruf planları yapabiliriz. Örneğin gereksiz aydınlatmalardan kaçınabiliriz. Normal ampuller yerine daha verimli, tasarruf ampulleri kullanabiliriz (Görsel 4.38).

Görsel 4.38: Aydınlatmada yüksek verimli ampuller kullanmalıyız.

Kullandığımız tencere, çaydanlık, tava gibi kapların çapının ocaktaki alev çapından büyük olmasına dikkat edilmelidir. Böylelikle ısının kenarlardan kaçmasını engellemiş oluruz. Ayrıca fazla alev, tencere veya çaydanlık kulplarının yanmasına neden olabilir. Bu nedenle, alev çapının çaydanlık ve tencereden büyük olması enerji israfı demektir.

En önemli enerji kaynağı olan petrol ve kömür gibi fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. Enerji üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan sera gazı emisyonları, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasındadır.

Ülkemizde, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere önemli düzeyde enerji tasarruf potansiyeli olduğu tespit edilmiştir.

Enerji tasarrufu, üretimde, konforumuzda ve iş gücümüzde herhangi bir azalma olmadan enerjiyi verimli kullanmak, israf etmemektir. Enerji tüketimimizin %82'si ısıtma için kullanılmaktadır. Isı yalıtım

önlemlerinin alınması ile bu kayıplar azaltılabilir. Binaların yalıtımı ile %25'ten %50'ye varan yakıt tasarrufu sağlanması mümkündür.

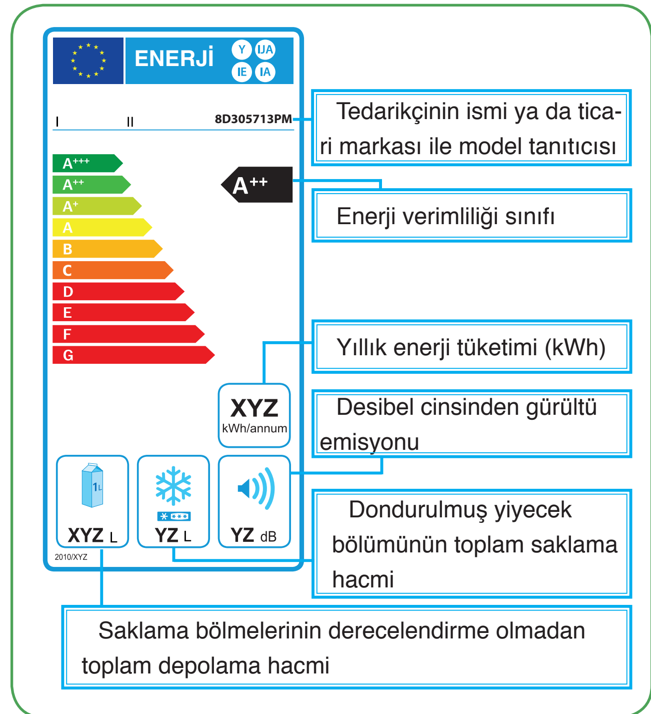
Enerji tasarrufu yapmak aile bütçesi için önemlidir. Enerjiyi verimli kullanırsak faturalara daha az para öderiz. Enerji tasarrufu, devlet bütçesi için de çok önemlidir. Kullandığımız enerjinin yaklaşık %60'ını başka ülkelerden alıyoruz ve ödemeyi döviz olarak yapıyoruz. Ülke kalkınması için çalışmak dolaylı olarak da gerçekleştirilebilir. Örneğin enerji tasarrufunda özenli davranma bu çalışmanın içerisinde olmamızı sağlar.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu tarafından her yıl ocak ayının ikinci haftasında, Enerji Tasarrufu Haftası etkinlikleri düzenlenmektedir. Bu etkinlikler kapsamında Milli Eğitim Bakanlığı ve TÜBİTAK iş birliği ile "Enerji Tasarrufu" konulu yarışmalar, ilköğretim öğrencileri arasında resim ve öykü dalında, lise ve dengi okul öğrencileri arasında ise proje dalında yapılmaktadır.

Çoğumuz çevresel olaylara duyarlı olmakla birlikte, artan enerji kullanımı ile orantılı olarak artış gösteren çevresel zararları azaltma konusunda ne yapabileceğimizden emin değilizdir. Eğer elektriği daha verimli kullanmayı seçersek Türkiye'de çevresel sorunların çözümüne önemli bir katkı sağlarız.

AB Enerji Verimliliği Etiketi sınıflandırması bir aletin yıllık enerji tüketimi bazında yedi gruptan oluşmaktadır (Görsel 4.39). A harfi en düşük enerji tüketim sınıfını göstermektedir.

A sınıfı elektrikli bir alet, ortalama enerji tüketiminden %45 daha az enerji tüketmektedir. G sınıfına ait bir aletin tüketimi ise ortalama enerji tüketiminden en az %25 daha fazladır. A, B ve C harfli sınıflara ait elektrikli aletlerin tüketimi, ortalama tüketimden daha düşüktür. Çamaşır makinesi, elektrikli ocak ve fırın alırken A sınıfı olmasına dikkat etmeliyiz. Enerji etiketlerindeki verimlilik değerlerinden A en yüksek, G en düşüktür. A, A+, A++ sınıfı buzdolapları diğerlerine göre pahalı olmasına rağmen sağladığı enerji tasarrufu ile aradaki bu farkı kısa bir sürede kapatmaktadır



Görsel 4.39: Enerji etiketleri çeşitli araçların verimlilik değerlerini gösterir.

Enerji tasarrufu, enerji arzının azaltılması veya kısıtlanması şeklinde düşünülmemelidir. Enerji tasarrufu, kullanılan enerji miktarının değil ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Ayrıca verimi yüksek, ileri teknoloji araçlarının kullanılması enerji tasarrufuna katkı anlamına gelmektedir. Enerji maliyetlerini düşüren üretici, aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü artıracaktır.

Belirli davranışları yerleştirip yeni teknolojileri kullanarak veya iyileştirme yöntemlerini uygulayarak kalite ve üretimi düşürmeden sosyoekonomik düzeyi korumak şartıyla enerjiyi daha etkin kullanmaya **enerji tasarrufu** denir.

Enerji tasarrufu çevre dostu, yeni bir enerji kaynağıdır. En temiz, en ucuz ve barışçıl enerji, tasarruf edilen enerjidir. Enerji tasarrufu, enerjinin akıllıca kullanılmasıyla kayıpların en aza indirilmesi, aynı enerji ile daha çok iş yapılması veya aynı iş için daha az enerji kullanılmasıdır.

Ülkemiz enerji üretebilmek için büyük ölçüde dışa bağımlıdır. Ekonomimizin düzelmesinde, enerjiyi tutumlu kullanmanın önemi büyüktür. Gereksiz enerji tüketiminin önüne geçmeliyiz. Boşa yanan ampulleri söndürmek, bozuk muslukları onarmak, radyo, televizyon, bilgisayar ve diğer aletleri gereksiz yere çalıştırmamak bir vatandaşlık görevidir. Hiç kimse “Benim param var, istediğim kadar enerji tüketirim.” deme hakkına sahip değildir. Maddi durumumuz ne olursa olsun, ister zengin olalım ister fakir hepimiz çok dikkatli olmak zorundayız. Bunda parayı da, maddiyatı da aşan büyük bir edep ve incelik vardır. Ülke kaynaklarının bilinçsizce kullanılması bizi ve ülkemizi fakirliğe götürür. Enerji tüketiminde yaptığımız savurganlık, vatanseverlik duygularımızın zayıflığını da gösteren önemli bir ölçüttür.

Süreci Değerlendirelim 4-5

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

yakıt	kinetik	kirlilik	enerji
selüloz	yenilenemeyen	depolama	ısı
rüzgâr atlası	hidrojen	güneş	

1) Nükleer enerji .... enerji kaynaklarındandır.

2) Fosil yakıtların temelinde .... enerjisi vardır.

3) Hidrolik enerji .... oluşturmaz.

4) Jeotermal enerji .... enerjisidir.

5) Güneş enerjisi birim yüzeye düşen Güneş ışınları süreklilik göstermediğinden .... gerektirir.

6) Fosil kaynaklar, su ve biyokütleden elde edilen .... enerjisi enerji taşıyıcısıdır.

7) Rüzgâr türbinlerinin kurulacağı tarlalar için .... çıkartılır.

8) Rüzgâr enerjisi için .... maliyeti gerekmez.

9) Biyokütle enerjisi için .... , odun özü gibi yüksek enerji içerikli maddeler depolanır.

10) Enerji tasarrufu en ucuz yeni bir .... kaynağı olur.

Araştıralım

Evlerinizde enerjiyi en verimli ve tasarruflu şekilde kullanmak için neler yapabilirsiniz? Araştırınız. Bu konuda daha önce yapılmış araştırmaları inceleyiniz.

Etkinlik

Aşağıdaki soruları verilen resimlere göre cevaplayınız.

Elektrikli soba

Tahterevalli

Pil

Tren

Radyo

Hesap makinesi

a) Kinetik enerjiyi potansiyel enerjiye, potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye dönüştüren aracın adı nedir?

b) Elektromanyetik enerjiyi ses enerjisine dönüştüren aracın adı nedir?

c) Elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştüren aracın adı nedir?

ç) Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren aracın adı nedir?

d) Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren aracın adı nedir?

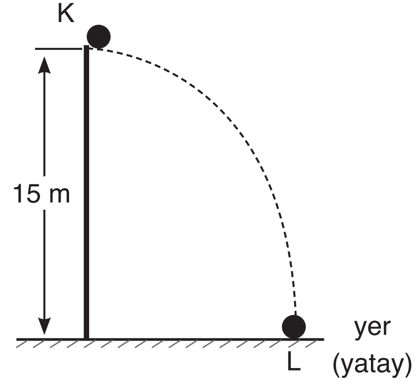
e) Kinetik enerjiyi ısı enerjisine dönüştüren aracın adı nedir?

4. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

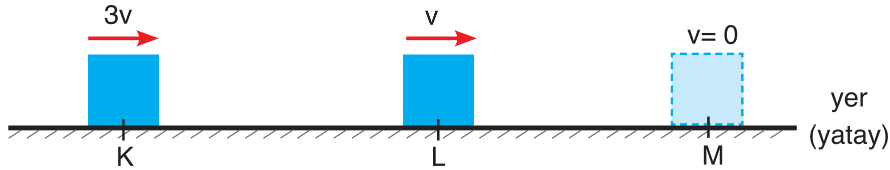
A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1) 30 N ağırlığındaki bir taş, yerden 15 m yükseklikteki K noktasından yatay olarak fırlatıldığında şekildeki yörüngeyi izleyerek L noktasına düşmektedir.

Taş, yere düşünceye kadar yer çekimi kuvvetinin yaptığı iş kaç J'dür?



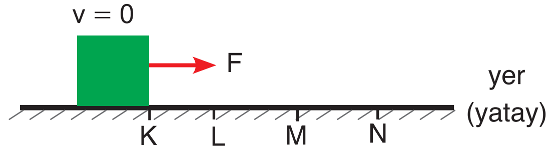
2)



Şekildeki yatay düzlemde hareketli cisim K noktasından 3v, L noktasından v hızıyla geçip M noktasında durmaktadır.

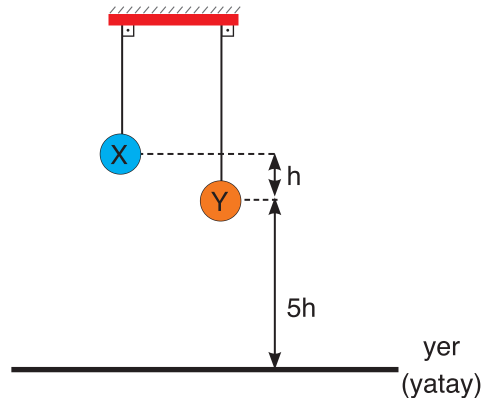
Buna göre KL arasında ısıya dönüşen enerjinin LM arasında ısıya dönüşen enerjiye oranını bulunuz.

3)

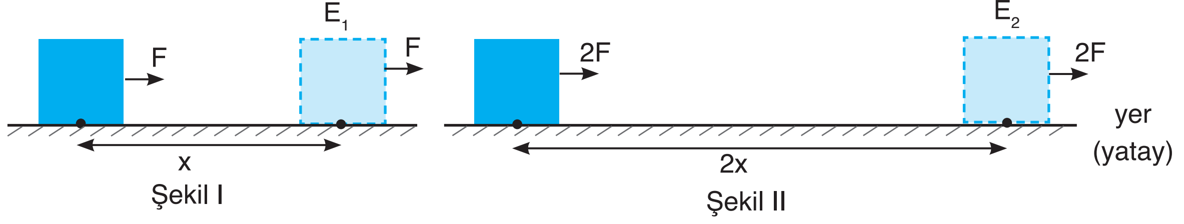


Şekildeki sürtünmeli yolun K noktasında durmakta olan cisim, yola paralel sabit F kuvveti ile L noktasına kadar çekiliyor. Cisim N noktasında durduğuna göre F_s kuvvetinin kaç F olduğunu bulunuz. (Noktalar eşit aralıklıdır.)

4) X ve Y küreleri şekildeki gibi asılıyor. X ve Y kürelerinin yere göre potansiyel enerjileri birbirine eşittir. Buna göre X ve Y kürelerinin kütlelerinin oranı $\frac{m_X}{m_Y}$ kaçtır?



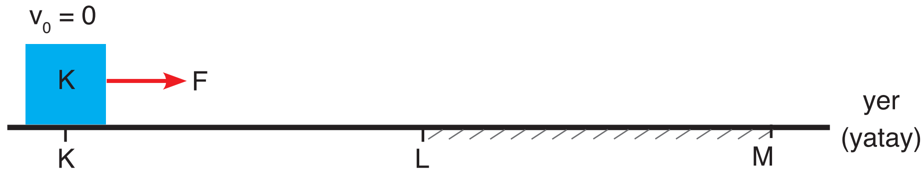
5)



Şekil I'deki cisim durmakta iken F büyüklüğündeki kuvvetle x kadar, Şekil II'de cisim durmakta iken 2F büyüklüğündeki kuvvetle 2x kadar çekiliyor.

Bu yolların sonunda cisimlerin kinetik enerjileri sırasıyla E_1 ve E_2 olduğuna göre $\frac{E_1}{E_2}$ oranı kaçtır? (Sürtünmeler önemsenmiyor.)

6)

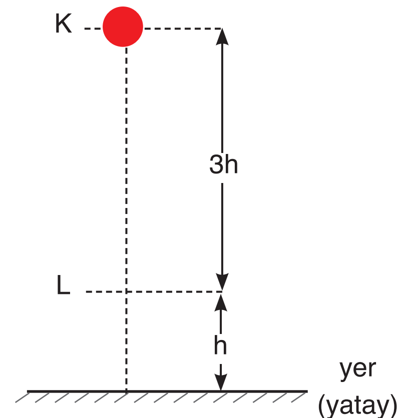


Şekildeki yalnız LM arası sürtünmeli yatay yolun K noktasında durmakta olan cisme sabit F büyüklüğünde kuvvet M noktasına kadar uygulanıyor. L noktasından E kinetik enerjisi ile geçen cismin sürtünme kuvvetinin F/2 büyüklükte olduğu LM yolunun M noktasında kinetik enerjisinin kaç E olduğunu bulunuz. $|KL| = |LM|$

7) Bir vinç motoru 50 kg kütleli bir yükü 15 s'de 18 m yüksekliğe sabit hızla çıkarıyor. Buna göre vinç motorunun gücü kaç W'tır? (Yer çekimi ivmesi g = 10 m/s² alınız.)

8) Şekildeki sürtünmesiz ortamda yerden 4h yükseklikteki K seviyesinden serbest bırakılan cismin bu seviyede yere göre mekanik enerjisi E'dir.

Buna göre cismin yerden h yükseklikteki L seviyesinde kinetik enerjisinin kaç E olduğunu bulunuz.



B. Aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) ( ) Bir cisme kuvvet uygulandığında bilimsel anlamda mutlaka iş yapılır.

2) ( ) Kaynağı doğadan olan rüzgâr, Güneş, hidrolik (su) gibi enerji türlerine yenilenebilir enerji denir.

3) ( ) Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş, sistemler için kayıp enerjiye eşittir.

4) ( ) Yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajı yoktur.

5) ( ) Vücudumuzun çalışması için gerekli enerjiyi besinlerden temin ederiz.

6) ( ) Birim zamanda harcanan enerji, güç olarak tanımlanır.

7) ( ) Çekim potansiyel enerjisi cisimlerin yerden yüksekliğine bağlı değildir.

8) ( ) Biyokütle, yenilenemez enerji kaynaklarındandır.

9) ( ) Rüzgâr türbinlerinde hareket enerjisi, elektrik enerjisine dönüşür.

10) ( ) A sınıfı cihazlar enerji tasarrufu yüksek cihazlardır.

C. Aşağıda verilen cümlelerde noktalı yerleri kutu içerisindeki kelimelerden uygun olanı ile tamamlayınız.

güç	potansiyel	skaler	yenilenemez
yer çekimi	devir daim	iş	mekanik
yenilenebilir	kinetik	vektörel	verim

1) İş, ... bir büyüklüktür.

2) Enerji olmadan .... yapılamaz.

3) Bir cisme uygulanan kuvvetin yapacağı iş, cismin .... enerjisindeki değişmeye neden olur.

4) İşin ne kadar çabuk yapılabildiğini .... kavramıyla anlayabiliriz.

5) .... karşı yapılan iş $W = m \cdot g \cdot h$ ile bulunur.

6) Hızlanan bir otomobilin .... enerjisi artar.

7) Yapısında karbon bulunan doğal gaz, kömür ve petrol gibi çevreye zararlı salınımları olan enerji kaynakları .... enerji kaynaklarıdır.

8) Bir makineden alınan gücün, makineye verilen güce oranı .... verir.

9) Enerji kaynakları .... ve yenilenemez olmak üzere ikiye ayrılır.

10) İlk enerjiyi verdikten sonra sürekli çalışan makinelere .... makineleri denir.

Ç. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1)

I. Yola dik kuvvet, iş yapmaz.

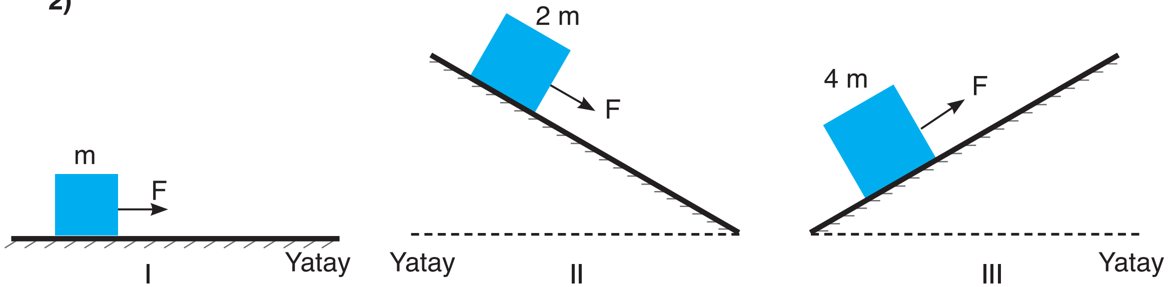
II. İş miktarı, kuvvetin aldırdığı yol ile ters orantılıdır.

III. Düşey doğrultudaki kuvvetler iş yapabilir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

2)

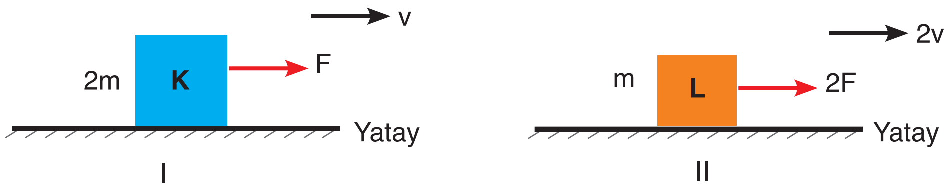


Şekil I, II, III'teki m, 2m ve 4m kütleli cisimlere yola paralel F büyüklüğündeki kuvvetler Δx yolu boyunca uygulanıyor. Buna göre bu kuvvetlerin Δx yollarında yaptığı işler W_1, W_2, W_3 arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

A) $W_1 > W_2 > W_3$ B) $W_2 > W_1 > W_3$ C) $W_3 > W_1 > W_2$

D) $W_1 > W_2 = W_3$ E) $W_1 = W_2 = W_3$

3)

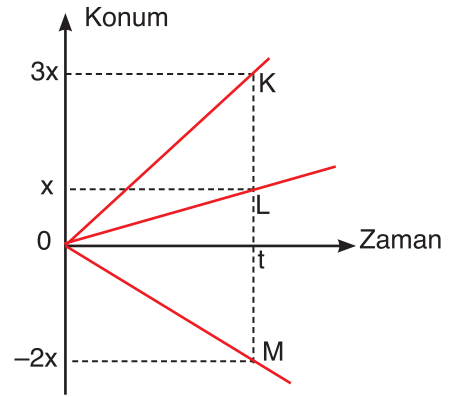


Şekil I ve II'deki 2m ve m kütleli K, L cisimleri yola paralel uygulanan F ve 2F büyüklüğündeki kuvvetlerin etkisinde sabit v ve 2v büyüklüğünde hızlarla hareket ediyor.

Buna göre cisimler üzerine harcanan güçlerin oranı kaçtır?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 8

4) Şekilde konum-zaman grafiği verilen 2m, 4m ve m kütleli K, L, M cisimleri doğrusal yörüngede hareketli iken enerjileri E_K, E_L ve E_M dir.



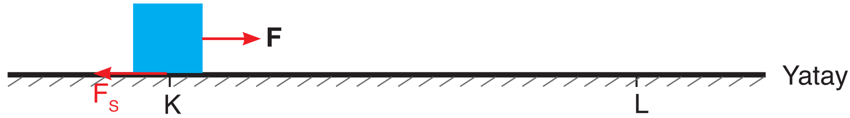
Buna göre E_K, E_L ve E_M arasında nasıl bir ilişki vardır?

A) $E_K > E_L > E_M$ B) $E_L > E_K > E_M$

C) $E_K > E_L = E_M$ D) $E_K > E_M > E_L$

E) $E_M > E_K > E_L$

5)

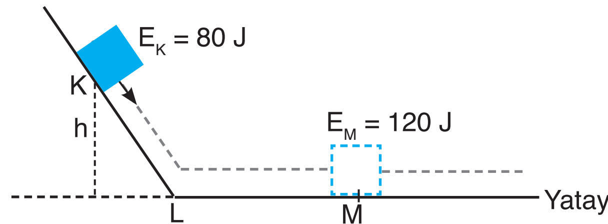


Şekildeki yatay düzlemin K noktasında durmakta olan cisim yola paralel F büyüklüğündeki kuvvet ile harekete geçiriliyor. Kuvvet, L noktasına kadar uygulandığında cismin bu noktadaki kinetik enerjisi E, F kuvvetinin yaptığı iş 3E oluyor.

Buna göre sürtünme kuvvetinin büyüklüğü kaç F'dir ?

A) $\frac{F}{4}$ B) $\frac{F}{3}$ C) $\frac{2F}{3}$ D) $\frac{F}{2}$ E) 2F

6) Şekilde düşey kesiti verilen KLM yolunun yerden h yükseklikteki K noktasından 80 J'lük kinetik enerjiyle geçen cismin M noktasında kinetik enerjisi 120 J oluyor.



Buna göre

I. KLM yolunda enerji ısıya dönüşmemiştir.

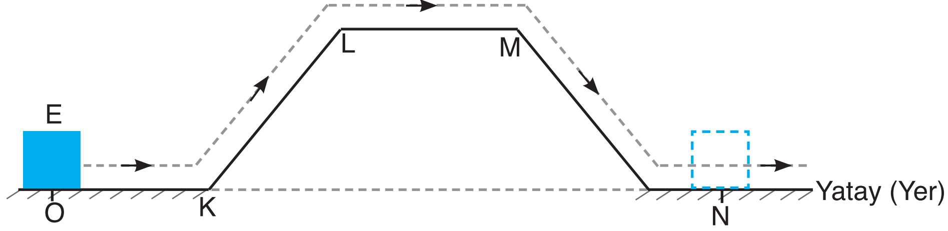
II. Cismin M noktasındaki hızı K'dekinden büyüktür.

III. Cisim LM yolunda yavaşlamıştır.

yargılarından hangisi ya da hangileri **kesinlikle** doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I ve III

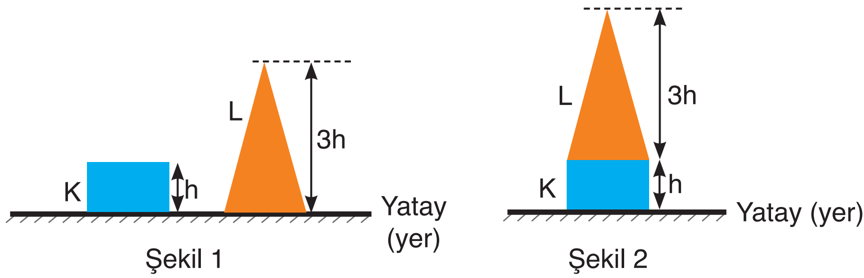
7) E kinetik enerjisine sahip bir cisim şekilde düşey kesiti verilen OKLMN yolunun O noktasından geçerek N noktasına ulaşıyor.



Buna göre cismin kinetik enerjisi hangi yollar arasında **kesinlikle** azalmıştır?

A) Yalnız OK B) Yalnız KL C) OK ve LM D) KL ve MN E) KL ve LM

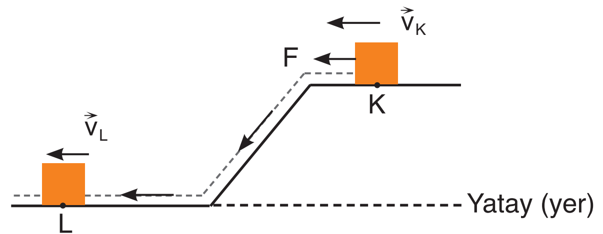
8) Homojen K ve L prizmaları eşit ağırlıktadır. Şekil 1'deki K cisminin yere göre potansiyel enerjisi E iken L cismi alınarak Şekil 2'deki gibi K'nin üzerine konuyor.



Buna göre sistemin yere göre kütle çekim potansiyel enerjisi kaç E olur?

A) 5E B) 4E C) 3E D) $\frac{3E}{2}$ E) 2E

9) Şekilde düşey kesiti verilen sürtünmesiz yolun K noktasında v_K büyüklüğünde hıza sahip olan cisim, L noktasına kadar yola paralel F kuvveti etkisinde çekildiğinde L noktasından v_L büyüklüğünde hızla geçiyor.



Buna göre

I. Cismin potansiyel enerjisindeki azalma, kinetik enerjisindeki artışa eşittir.

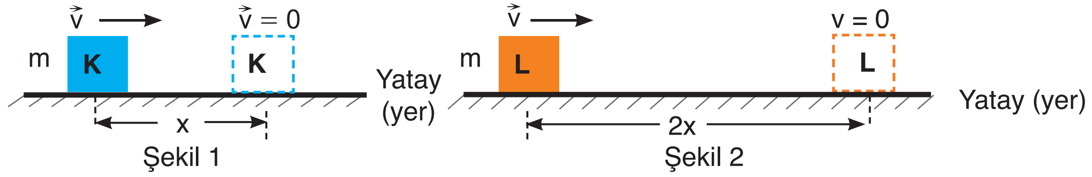
II. Cismin L noktasındaki kinetik enerjisi, K noktasındakinden büyüktür.

III. Cismin mekanik enerjisi artmıştır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

10) Şekil 1 ve 2'deki eşit kütleli K, L cisimleri yatay düzlemde verilen konumlardan $\vec{v}$ büyüklüğünde hızlarla geçip x ve 2x yollarını alarak duruyorlar.



Buna göre

I. Her iki yolda da ısıya dönüşen enerjiler eşittir.

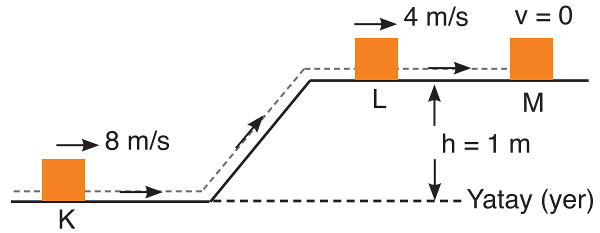
II. K cismine etkiyen sürtünme kuvveti, L cismine etkiyen sürtünme kuvvetinden büyüktür.

III. Cisimlerin birim zamandaki hız değişimleri eşittir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

11) Şekilde düşey kesiti verilen yolun K noktasından 8 m/s hızla geçen 2 kg kütleli cismin yerden 1 m yükseklikteki L noktasında hızının büyüklüğü 4 m/s olup M noktasında durmaktadır.



Buna göre KL ve LM yolllarında ısıya dönüşen enerjiler oranı kaçtır? (g=10 N/kg)

A) $\frac{7}{4}$ B) $\frac{8}{7}$ C) $\frac{4}{3}$ D) $\frac{3}{2}$ E) 2

12) Şekildeki sürtünmesiz sistem, verilen konumdan serbest bırakılıyor. L cismi yere çarptığında,

I. Sistemin potansiyel enerjisi mgh kadar azalır.

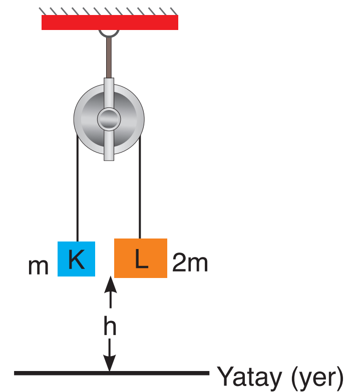
II. L cisminin kinetik enerjisi K'nin kinetik enerjisinin iki katıdır.

III. Sistemin mekanik enerji değeri 3 mgh'dir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III

D) I ve III E) I, II ve III



13) Aşağıdakilerden hangisi bir otomobilin çalışmaya başladığı esnada aküdeki enerji dönüşüm sırası olabilir?

A) Kimyasal → Elektrik → Mekanik

B) Elektrik → Kimyasal → Isı

C) Isı → Işık → Hareket

D) Mekanik → Elektrik → Isı

E) Elektrik → Kimyasal → Işık

14) Uranyum elementi nükleer enerji kaynağıdır. Nükleer enerjiden elektrik enerjisine dönüşüm aşağıdakilerden hangisinde doğru sırasıyla verilmiştir?

A) Çekirdek enerjisi → Isı → Mekanik → Elektrik

B) Çekirdek enerjisi → Mekanik → Işık → Elektrik

C) Çekirdek enerjisi → Mekanik → Isı → Elektrik

D) Çekirdek enerjisi → Kimyasal enerji → Işık → Elektrik

E) Çekirdek enerjisi → Kimyasal → Isı → Elektrik

15)

I. Rüzgâr

II. Doğal gaz

III. Petrol

IV. Su

Yukarıda verilen enerji kaynaklarından hangisi ya da hangileri fosil enerji kaynaklarındandır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

16)

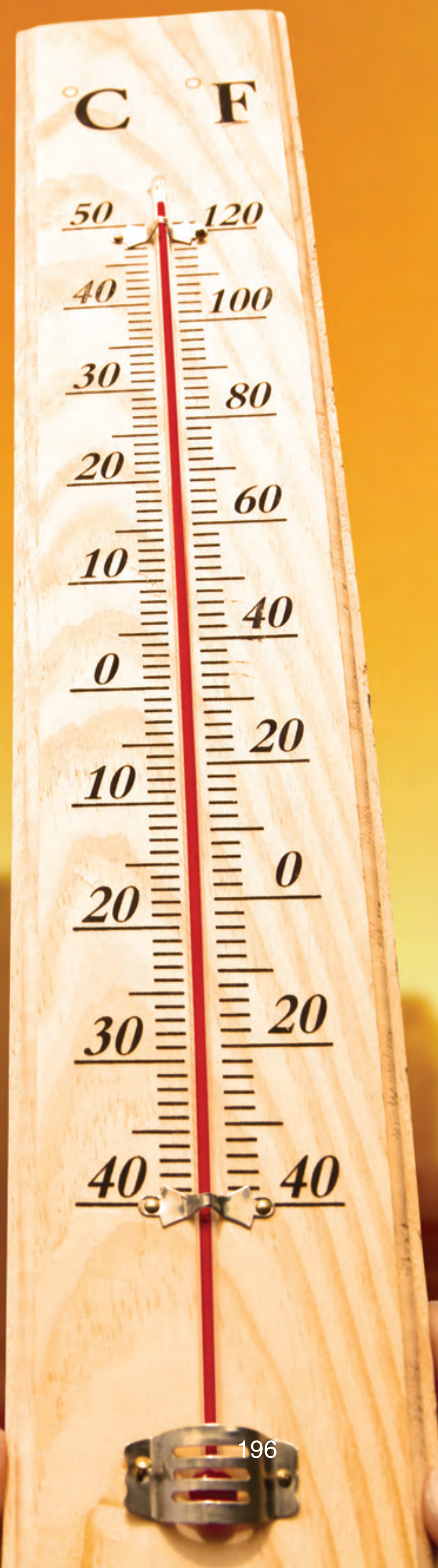
I. Mekanik enerji azalarak değiştiğinde negatif iş yapılmış olmalıdır.

II. Bir sisteme verilen enerji, sistemden alınan enerjiden daha büyük olamaz.

III. Esnek cisimlerde depo edilen enerji kütle çekim potansiyel enerjisine dönüşemez.

Yukarıda verilen yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III


°C
°F
50
120
40
100
30
80
20
60
10
40
0
20
10
0
20
20
30
40
40

5.
ÜNİTE

ISI VE SICAKLIK

KONULAR

- ISI, SICAKLIK VE İÇ ENERJİ
- HÂL DEĞİŞİMİ
- ISIL DENGE
- ENERJİNİN İLETİM YOLLARI VE ENERJİ İLETİM HIZI
- GENLEŞME

Öğrenilecek Bilimsel Kavram ve Terimler

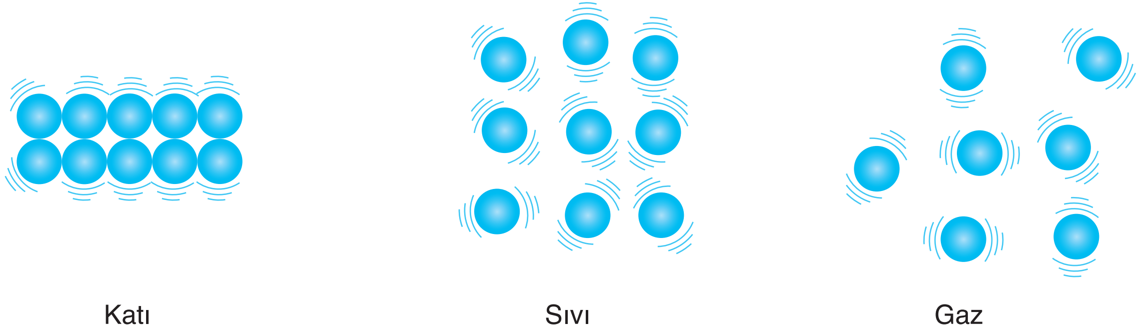
- Isı
- Sıcaklık
- İç enerji
- Öz ısı
- Isı sığası
- Hâl değişimi
- Isıl denge
- Genleşme
- Enerji iletim hızı
- Büzülme
- Isı yalıtımı
- Hissedilen sıcaklık
- Küresel ısınma

Ünite İçin Ön Hazırlık Soruları

- Hastalandığınızda ateşinizi ölçen araç vücut sıcaklığınızı ölçtüğüne göre ısı ne olmalıdır? 8. sınıf bilgilerinizi anımsamaya çalışarak tartışınız.
- Günlük hayatta kullandığınız oda sıcaklığını ölçen termometreler her ortam için kullanılabilir mi? Örneğin bu termometreler ile çok yüksek sıcaklıktaki bir sanayi fırınının sıcaklığını ölçmek mümkün müdür ?
- Eşit kütleli her madde aynı ısı enerjisini aldığında aynı sıcaklık değişimini gösterebilir mi?
- Maddenin hâl değişimi her madde için aynı sıcaklıklarda mı yoksa farklı sıcaklıklarda mı gerçekleşir? Bu sıcaklıklar maddeyi ayırt etmek de kullanılabilir mi?
- Bardağa koyduğunuz çay neden bir süre sonra soğur? Bu durum maddeler arasında ne tür bir alışveriş olduğunu düşündürür?
- Günlük hayatta binalarda mantolama işleminin yapıldığını, soğuk bölgelerde de küçük pencereli yapıların inşa edildiğini görmekteyiz. Bu örneklerdeki uygulamalar ile ne amaçlanmıştır?

5.1. ISI, SICAKLIK VE İÇ ENERJİ

5.1.1. Isı, Sıcaklık ve İç Enerji Kavramları Arasındaki İlişki



Şekil 5.1: Bir maddenin tanecikleri üç fiziksel hâlde de hareketlidir.

Daha önceki yıllarda maddenin atom veya molekül dediğimiz taneciklerden oluştuğunu öğrenmiştiniz. Bu tanecikler sürekli hareket hâlindedir (Şekil 5.1). Maddenin fiziksel hâline göre tanecikler titreşim, dönme ve öteleme hareketleri yapar. Hareket hâlindeki taneciklerin kinetik enerjisi vardır. Ancak taneciklerin enerjisi sadece kinetik enerji türünden değildir. Aynı zamanda aralarındaki etkileşimlerden dolayı taneciklerin potansiyel enerjisi de vardır. Bir maddeyi oluşturan taneciklerin kinetik ve potansiyel enerjileri toplamına **iç enerji** denir. Taneciklerin hızı arttıkça kinetik enerjileri de artar. Biz bu enerji artışını sıcaklık artışı olarak algılarız. Yani **sıcaklık** bir maddeyi oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür. **Isı** ise farklı sıcaklıktaki iki madde arasında aktarılan enerjiye denir. Enerji aktarımı varsa ısıdan söz edilir. Herhangi bir maddenin sahip olduğu ısı denilmez, sahip olduğu iç enerji ifadesi kullanılır. Isı, sıcaklık ve iç enerji birbirinden tamamen farklı kavramlardır. Havanın sıcaklığını söylerken ısısı denirse yanlış olur. Şimdi bu kavramları ayrı ayrı inceleyelim.

Bilgi İletişim Teknolojisi

Maddeyi oluşturan taneciklerin hareketlerini aşağıdaki Genel Ağ adresinde verilen simülasyonlardan izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/rMZ1gQ

Sıcaklık

Maddedeki bütün atom, molekül ve iyonların kinetik enerjileri toplanıp tanecik sayısına bölünürse ortalama bir değer bulunur. Sıcaklık, bir sistemdeki rastgele hareket eden moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin bir göstergesidir, enerji değildir. “50 °C sıcaklık, 25 °C sıcaklığın iki katıdır.” gibi ifadeler doğru değildir. Çünkü sıcaklık ölçümleri aralık ölçekleri kullanılarak yapılır. Kullanılan aralık ölçeğine göre okunan sıcaklık değerleri farklı sayıları gösterir. 1. ünitede gördüğümüz gibi sıcaklığın SI’daki birimi “Kelvin”dir ve K ile gösterilir. Sıcaklık (Kelvin cinsinden) tek tek moleküllerin ortalama kinetik enerjilerinin

bir ölçüsüdür. Sıcaklık termometre ile ölçülür. Bunun için Celcius (Selsius) ve Fahrenheit (Fahrenayt) termometreleri kullanılır. Celcius termometresinin birimi °C (derece selsius), Fahrenheit termometresinin birimi ise °F'tır (derece fahrenayt).

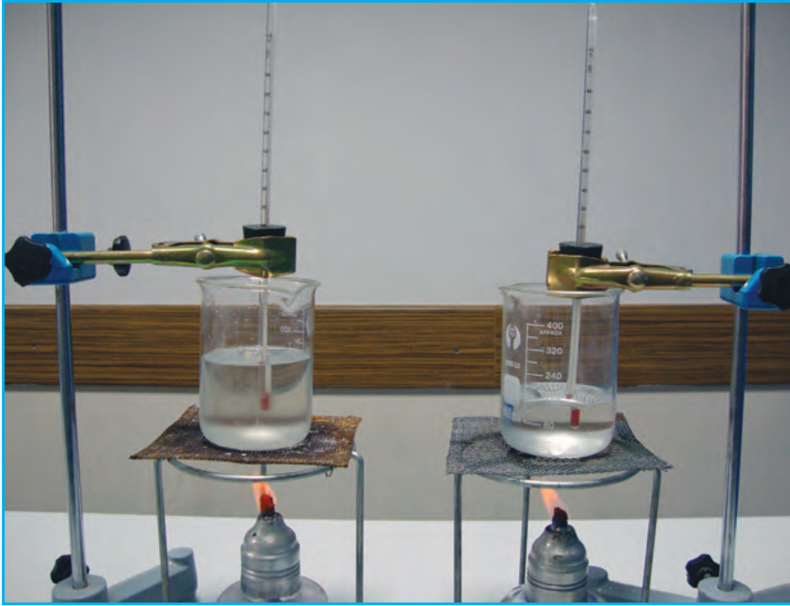
Isı

Bir maddenin sıcaklığını artırmak için maddeyi oluşturan atom ve molekülleri hızlandırmak gerekir. Diğer bir deyişle atom ve molekülleri hızlı olan maddelerin sıcaklıkları yüksek olur. Isıtılan maddelerin sıcaklıkları yükselir. Bir beherglasa bir miktar su koyup ispirto ocağı ile ısıtırsanız suyun sıcaklığının yavaş yavaş yükseldiğini gözlemlersiniz. Bu olayda ispirto ocağının verdiği ısı, su moleküllerinin kinetik enerjilerini dolayısıyla sıcaklıklarını artırır. Bu durum, ısının bir enerji türü olduğunu gösterir.

Isının birimi joule ya da kaloridir (cal). Kalori 1 gram suyun sıcaklığını 14,5 °C'tan 15,5 °C'a çıkarmak için gereken ısı enerjisi miktarıdır. 1 cal = 4,186 J'e eşittir. Isı enerjisi kalorimetre kabı yardımı ile ölçülür. Isı alan maddelerin sıcaklığının artması, ısı yayınlayan maddelerin sıcaklığının azalması ısı ile sıcaklık arasında yakın bir ilişki olduğunu gösterir. Deney 5-1'i yaparak bu ilişkiyi keşfedelim.

Deney 5-1

Eşit Miktarda Isının Farklı Miktarda Su Kütlelerine Verilmesi Hâlinde Sıcaklık Değişmelerinin İncelenmesi



Araç ve Gereçler

- Dereceli silindir
- Beherglas (2 adet)
- İspirto ocağı (2 adet)
- Sacayak (2 adet)
- Termometre (2 adet)
- Su
- Tel kafes (2 adet)
- Üçayak ve destek çubuğu (2 adet)
- İkili bağlama parçası ve bunzen kıskacı (2 adet)

Deneyin Uygulanışı

1. Resimdeki düzeneği kurunuz. Beherglaslardan birine 100 mL, diğerine 200 mL su koyunuz. Bir süre bekledikten sonra suların sıcaklığını termometrelerden okuyunuz.

2. Özdeş ispirto ocaklarıyla beherglaslardaki suları eşit süreyle ısıtınız.

3. Beherglaslardan birindeki suyun sıcaklığı 35 °C olunca ısıtma işlemine son veriniz.

4. Her iki beherglastaki suların son sıcaklıklarını okuyunuz. Ölçüm sonuçlarınızı defterinize yazınız.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Her iki su örneğine verdiğiniz ısı miktarı eşit midir?

2. Suların sıcaklığındaki değişmelerin farklı çıkmasının sebebi ne olabilir?

Yaptığınız deneyde farklı kütlelerde suya eşit miktarda ısı verildiğinde sıcaklıklarının farklı değerlerde olacak şekilde arttığını gözlemlediniz. Eşit miktar ısı ile kütlesi az olan suyun sıcaklığı daha çok yükselmiştir. Bu durum ısı ile sıcaklığın farklı kavramlar olduğunu gösterir. Kütlesi az olan suyun sıcaklığının daha çok artması, molekül başına daha çok enerji düşmesindendir.

Sıcaklıkları farklı iki madde bir araya getirildiğinde aralarında enerji alışverişi olur. Sıcak olan cisim soğurken soğuk olan cisim ısınır. Sonunda sıcaklıkları eşit olur. Bu alışverişte aktarılan enerji ısıdır. Isı, fiziksel bir iş yapılmaksızın maddeler arasında sadece sıcaklık farkından dolayı alınıp verilen enerjidir.

Isıyı doğrudan ölçen bir alet yoktur ancak ısıyı hesaplama yoluyla ölçmeye yarayan ve kalorimetre denilen düzenekler vardır. Isının SI'daki birimi "joule"dür.

İç Enerji

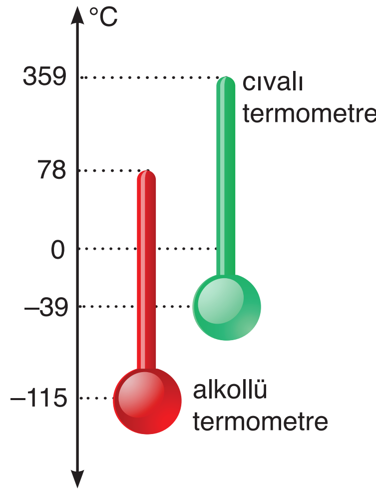
Bir maddenin sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı, iç enerji olarak tanımlanır. Bu durumda madde durgun hâldeyken bile iç enerjiye sahiptir. Bir maddenin toplam enerjisi dendiğinde iç enerji anlaşılmalıdır. Isı alan sabit hacimli bir maddenin kinetik enerjisi dolayısıyla iç enerjisi artar. Sıcaklığı düşen maddeler için de bunun tersi söylenebilir. Bir genelleme yaparsak "sabit hacimli bir madde ısı alırsa iç enerjisi artar, ısı verirse iç enerjisi azalır." Isı maddelerin iç enerjisi değil, iç enerjideki değişmedir.

5.1.2. Termometre Çeşitlerinin Kullanım Amaçları

Termometrelerin sıcaklık ölçen aletler olduğunu söylemiştik. Termometrelerin sıvılı, metal çiftli ve gazlı olmak üzere çeşitleri vardır. Şimdi bu termometreleri sırasıyla inceleyerek nerelerde kullanıldığını öğrenelim.

Sıvılı Termometreler

Sıvılı termometrelerde sıvıların genleşme özelliğinden yararlanılır. Termometre içindeki sıvı, ortamdan ısı alarak ya da ortama ısı vererek bir süre sonra dış ortamla aynı sıcaklık değerine gelir. Sıvı, ısı almışsa genleşerek kılcal boruda yükselir, ısı vermişse büzülerek kılcal boruda alçalır. Cam boru üzerine yerleştirilen bir skala ile sıcaklıktaki artma ve azalma miktarı ölçülebilir. Sıvılı termometrelerde cıva ve alkol gibi sıcaklık değişimleri karşısında genleşme özelliği yüksek ve düzenli olan sıvılar kullanılmaktadır. Fakat içindeki sıvının özelliklerine göre termometrelerin kullanım alanları farklıdır.

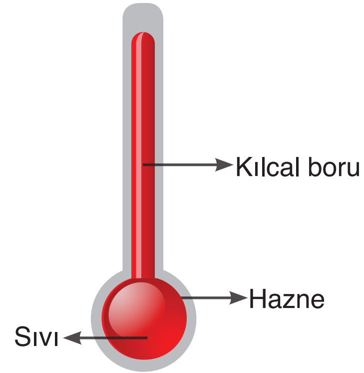


Şekil 5.2: Alkollü termometre ile cıvalı termometrenin karşılaştırılması

Örneğin Şekil 5.2'de görüldüğü gibi cıva –39 °C'ta, alkol –115 °C'ta donar. –80 °C sıcaklıktaki bir madde ancak alkollü termometre ile ölçülebilir. Bu nedenle düşük sıcaklıkların ölçümünde cıvalı termometre yerine alkollü termometreyi kullanmak daha uygundur. Sıvılı termometreler ile ölçüm yapabileceğimiz sıcaklık değerleri sıvının donma ve kaynama noktasına bağlıdır.

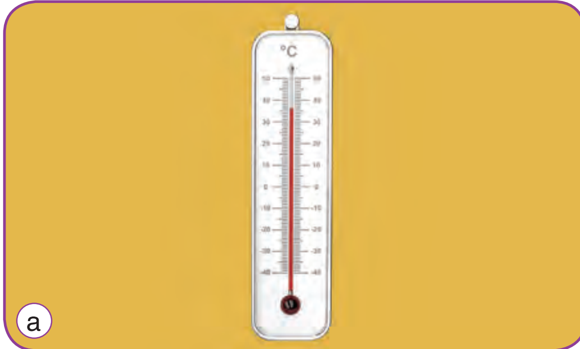
Şekil 5.3'te görüldüğü gibi sıvılı termometreler sıvı, hazne ve kılcal borudan oluşur. Sıvılı bir termometrenin hassas ölçüm yapabilmesi için,

1. Sıcaklık değişimleri karşısında genleşme özelliği yüksek olan bir sıvı kullanılmalıdır.
2. Haznenin büyük olması sebebiyle sıvı miktarı fazla olmalıdır.
3. Kılcal boru, dar olmalıdır.
4. Haznenin yapıldığı maddenin sıcaklık değişimlerinde genleşme özelliği az olmalıdır.
5. Kılcal boru üzerinde bölme sayısı fazla olmalıdır.



Şekil 5.3: Sıvılı termometrenin bölümleri

Kullanım alanına göre sıvılı termometreler çeşitli şekillerde tasarlanmıştır (Görsel 5.1).



Görsel 5.1: a. Duvar termometresi b. Hasta termometresi

Metal Çiftli Termometreler

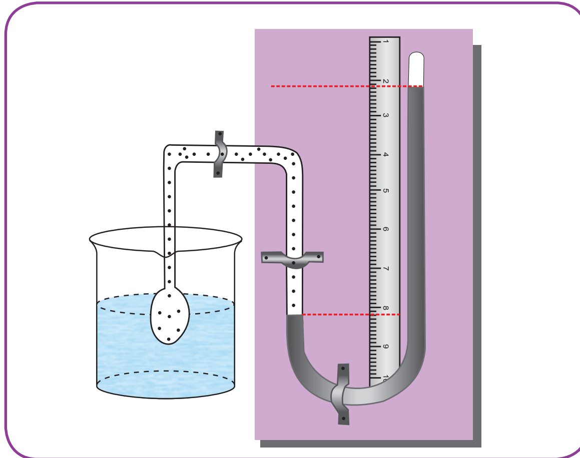
Alkol 78 °C, cıva 359 °C'ta kaynadığı için yüksek sıcaklıkları ölçerken cıvalı termometre tercih edilir. Cıvalı termometrenin de ölçemediği yüksek sıcaklıkları ölçmek için metal termometreler kullanılır. Metal termometreler ile 1600 °C'a kadar olan sıcaklıklar ölçülebilir. Bu sıcaklıkların ölçümüne fabrika ve fırınlarda ihtiyaç olmaktadır.

Görsel 5.2: Metal termometreler, metal çifti kullanılarak oluşturulan termometrelerdir.

Metal termometrelerin temelini metal çiftleri oluşturur. Metal çiftleri genleşme katsayısı farklı iki metalin birbirine yapıştırılması ile elde edilir. Isındıkça daha çok genleşen metal, az genleşene yapışık olduğu için onun üzerine doğru bükülür. Bu metallerin $\frac{\text{bükülme}}{\text{sıcaklık derecesi}}$ oranları önceden bilindiği ve ölçeklendirilmesi yapıldığından metallerin bükülme miktarı, sıcaklık değerini gösterir (Görsel 5.2).

Gazlı Termometreler

Bir başka termometre çeşidi ise gazlı termometrelerdir (Görsel 5.3). Gazlı termometrelerde bir tüp içerisindeki gazın sıcaklığına bağlı olarak basıncında meydana gelen değişimlerden yararlanılarak ölçüm yapılır (Görsel 5.4). Bu aletlerde hidrojen, helyum ve azot gibi gazlar kullanılır. Gazlı termometreler çok hassas ölçüm yapabilir, bu nedenle araştırma laboratuvarlarında kullanılır.



Görsel 5.3: Sabit hacimli bir gaz termometresi

Görsel 5.4: Gazlı termometre

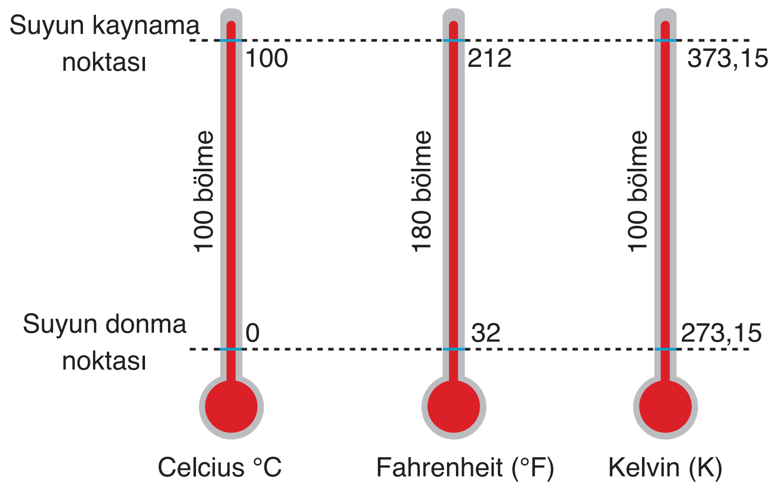
Bunlardan başka günümüzde çok çeşitli amaçlar için üretilmiş farklı termometreler kullanılmaktadır. Görsel 5.5 a'da görüldüğü gibi hastanelerde hastaya dokunmadan kızılötesi ışınlar yardımıyla sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Aynı şekilde evlerimizde ateşimizi kontrol etmek için hasta termometreleri kullanmaktayız (Görsel 5.5 b).

Görsel 5.5: a. Hastanelerde kullanılan dijital hasta termometre b. Evlerde kullanılan dijital hasta termometresi

5.1.3. Sıcaklık Birimleri

Sıcaklık farklı birimlerle ifade edilebilmektedir. Ülkemizde celcius (selsiyus) (°C) ölçeği kullanılırken bazı ülkelerde fahrenheit (fahrenayt) (°F), bilim dünyasında ise kelvin (K) ölçekleri kullanılır.

Termometreler suyun donma ve kaynama noktaları arasında ölçeklendirilir. Ölçeklendirilirken termometre normal atmosfer basıncında (1 atm = 760 mmHg basıncı) erimekte olan buza temas ettirilir. Termometre içindeki sıvı seviyesinin düşerek sabit kaldığı nokta işaretlenir. Buzdan çıkartılan termometre daha sonra kaynamakta olan suya daldırılır. Sıvının yükselmesinin durduğu nokta işaretlenir. İşaretlenen bu iki nokta arasındaki mesafe celcius termometresinde 100 eşit parçaya bölünür. Bunların her biri 1 derece santigrat (1 °C) gösterir. Bu termometrede suyun donma sıcaklığı 0 °C, kaynama sıcaklığı 100 °C olarak belirlenmiştir. Fahrenheit termometresinde suyun donma ve kaynama noktaları arası 180 eşit parçaya bölünür. Bu termometre çeşidinde bir aralık 1 derece fahrenheit (1 °F) gösterir. Bu ölçümde, suyun donma sıcaklığı 32 °F, kaynama noktası 212 °F olarak kabul edilmiştir. Kelvin termometresi ise suyun donma ve kaynama noktalarını 273,15 K ve 373,15 K olarak belirler. Ulaşılabilecek en düşük sıcaklık mutlak sıfır olup –273,15 °C yani 0 K olarak kabul edilir.



Şekil 5.4: Celcius, Fahrenheit ve Kelvin termometreleri suyun donma ve kaynama noktalarını farklı değerler ile ifade etmişlerdir.

Şekil 5.4'te gösterilen termometrelerin değerleri birbirine çevrilebilir. Bunun için paralel doğrular arasındaki bölme sayıları birbirine oranlanır. Buna göre termometrelerdeki değerlerin birbirine çevrilmesi

aşağıdaki bağıntı ile yapılabilir. Bu bağıntının sonunda yer alan "a" herhangi bir termometrede ölçülmüş donma noktası, "b" o termometrede ölçülmüş kaynama sıcaklığıdır. x ise diğer termometrelerde ölçülmüş bir sıcaklığın o termometredeki karşılığı olan sıcaklıktır.

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100} = \frac{x - a}{b - a}$$

Bilgi İletişim Teknolojisi

Sıcaklık birimleri arasındaki dönüşümleri aşağıdaki Genel Ağ adresinde uygulayabilirsiniz.

https://goo.gl/mte9ox

Örnek

Bir yaz günü sıcaklık 95 °F ölçülmüştür. Aynı yerde sıcaklık Celcius termometresi ile ölçülseydi kaç derece olurdu?

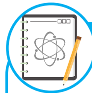
Çözüm:

Celcius ve fahrenheit dereceleri arasında

$$\frac{C - 0}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

ilişkisi vardır. Buna göre

$$\frac{C - 0}{100} = \frac{95 - 32}{180} \Rightarrow C = 35\ °C$$



Alıştırma 5-1

Aşağıdaki tabloda verilen sıcaklık değerlerinin birimlerini, karşılarındaki birimlere dönüştürünüz.

1	78 °C	...................K
2	40 °C	...................°F
3	72 °F	...................°C
4	–70 °F	...................K
5	............°F	473 K
6	............°C	300 K

5.1.4. Öz Isı ve Isı Sığası Kavramları

Bir maddenin değişik miktarlarına, aynı miktarda ısı verilirse sıcaklıktaki değişmeler nasıl olur? Bu sorunun cevabını vermek için yaptığınız Deney 5.1'i hatırlayınız. Deneyde farklı kütlelerdeki suya, aynı miktarda ısı verildiğinde sıcaklıkların değişik şekilde arttığını gözlemlediniz. Sıcaklık ve ısı farklı niceliklerdir. Sıcaklık artışı madde miktarına bağlıdır yani ayırt edici değildir.

Bir maddenin birim kütlesinin sıcaklığını 1 °C artırmak için gerekli ısıya **öz ısı** denir. SI birim sistemine göre birimi J/kg K olarak kabul edilmiştir. Ancak J/kg°C ve cal/g°C birimleri daha fazla kullanılmaktadır. Tablo 5.1'de bazı maddelerin öz ısı değerleri verilmiştir.

Öz ısı "c" harfi ile gösterilir.

Tablo 5.1: Bazı maddelerin öz ısı değerleri

Madde	Öz Isı	
	J/kg°C	cal/g°C
Su	4180	1,00
Buz	2090	0,50
Su buharı	2006,4	0,48
Zeytinyağı	1960	0,47
Demir	448	0,115
Bakır	387	0,10
Alüminyum	900	0,217
Çinko	390	0,095
Oksijen	920	0,22
Nikel	420	0,110
Kurşun	128	0,031
Cıva	140	0,033
Etil alkol	2540	0,608

Aynı miktarda ısı alan maddelerden öz ısısı küçük olan, büyük olana göre sıcaklığını daha fazla değiştirir. Birim kütlesinin sıcaklığını 1 °C değiştirmek için "c" kadar ısı gerekli olan bir maddenin "m" kütlesinin sıcaklığını 1 °C değiştirmek için "m · c" kadar ısı enerjisi gerekir. Bu nedenle bir maddenin öz ısısı ile kütlesinin çarpımına o maddenin **ısı sığası** denir. Isı sığası cisimlerin ısı alma kapasitesi olup "C" ile gösterilir.

$$C = m \cdot c$$

SI birim sisteminde ısı sığasının birimi J/K'dir. Yaygın olarak cal/°C da kullanılmaktadır. Isı sığası maddeler için ayırt edici bir özellik değildir.

Öz Isının Günlük Hayata Etkileri

Öz ısısı küçük olan maddeler, öz ısısı büyük olanlara göre daha çabuk ısınır ve soğur. Maddelerin bu özelliğinden birçok alanda yararlanılmaktadır. Bunlardan biri elektronik cihazların soğutma sistemleridir. Bilgisayarlarda işlemcinin ısınmasını önlemek için üzerine bakırdan plaka yerleştirilir. Bakırın öz ısısı küçük olduğu için çabuk ısınır ve soğur. Bilgisayarın işlemcisi ısındığında ısıyı bakır plakaya aktarır. Bakır çok çabuk soğuduğu için işlemciden aldığı ısıyı hızlı bir şekilde dışarı aktarır. Bu da işlemcinin sıcaklığının düşük bir değerde kalmasını sağlar.

Maddelerin öz ısı farklılıklarının kullanıldığı yerlerden biri de yemek pişirmeye yarayan kaplardır. Kabın kendisi öz ısısı düşük, sapları ise öz ısısı yüksek maddelerden yapılır. Kabın, öz ısısı düşük maddeyle yapılmasının nedeni, ocaktan kaba ulaşan ısının hızlı bir şekilde içindeki yiyeceklere aktarılabilmesidir. Kabın sap kısmının öz ısısı yüksek maddelerden yapılmasının nedeni ise sap kısmındaki sıcaklık artışının geciktirilerek sapı tutan elin yanmasının önlenmesidir (Görsel. 5.6).

Görsel 5.6: Tavanın yemek pişirilen metal bölümü öz ısısı düşük bir maddeden, tavanın sapı ise öz ısısı yüksek bir maddeden üretilir.

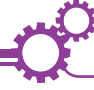
Termometre yapımında, cıva ve etil alkolün tercih edilmesinin sebeplerinden birisi de bu sıvıların öz ısılarının çok küçük olmasıdır. Termometrede kullanılan sıvılarda sıcaklık değişimlerinin hızlı olması, termometrenin sıcaklığı hızlı ve doğru ölçmesini sağlar.

Evlerimizde ısıtma amaçlı kullandığımız yağlı radyatör ısıtıcılarda öz ısısı düşük bir sıvı kullanılması sonucu, verilen elektrik enerjisi sayesinde sıcaklık hızlı bir şekilde artmaktadır.

Karalar denizlere göre daha hızlı ısınır ve daha hızlı soğur. Bunun nedeni suyun ısı kapasitesinin karaya göre daha yüksek olmasıdır. Kara ile suyun özelliklerindeki bu farklılık, gündüz karadan denize doğru serin hava akımı, gece ise karadan denize doğru ılık bir hava akımı oluşturur. Su, ayrıca bu özelliğinden dolayı günümüzde soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Araba radyatörlerinde su kullanılması da bu nedenledir.

Araştıralım

Suyun öz ısısının büyük olmasının günlük hayatta bize sağladığı faydalar neler olabilir? Araştırarak arkadaşlarınıza sınıf içinde sunum yapınız.



Süreci Değerlendirelim 5-1

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

yüksek	ısı sığası	metal	öz ısı
kinetik	tanecikler	kütle	iç
cıva	düşük	sıcaklık	değişim

1) Maddenin her hâlinde .... hareketlidir.

2) Hareket hâlindeki madde taneciklerinin kinetik ve potansiyel enerjileri toplamına .... enerji denir.

3) .... maddeyi oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerji ölçüsüdür.

4) Isı maddenin iç enerjisindeki ....

5) –80 °C'luk bir sıcaklık, sıvısı .... olan bir termometre ile ölçülemez.

6) Cıvalı termometrelerin ölçemediği yüksek sıcaklıklar .... termometreler ile ölçülür.

7) Maddenin birim kütlesinin sıcaklığını 1 °C artırmak için gerekli ısı miktarına .... denir.

8) Yemek pişirme kaplarında kapların tutulacak sap kısımları öz ısısı .... maddelerden yapılır.

9) Isıtma amaçlı kullanılan yağlı radyatörlerde öz ısısı .... sıvı kullanılır.

10) Isı sığası maddenin .... değerine bağlıdır.

5.1.5. Saf Maddelerin Sıcaklık Değişiminin Bağlı Olduğu Değişkenler

Deney 5-1'de farklı kütlelerdeki suya, aynı miktarda ısı verildiğinde sıcaklıkların değişik şekilde arttığını gözlemlediniz. Bu durum bir maddenin sıcaklığındaki değişmenin madde miktarına (m) bağlı olduğunu gösterir. Maddelerin sıcaklık değişimlerinin bağlı olduğu diğer değişkenleri belirlemek için Deney 5-2'yi yapalım.

Deney 5-2

Saf Maddelerin Sıcaklık Değişiminin Bağlı Olduğu Değişkenler

Araç ve Gereçler

- Sacayak(2 adet)
- Tel kafes (2 adet)
- Beherglas (400 mL, 2 adet)
- İspirto ocağı (2 adet)
- Deney termometresi (2 adet)
- Eşit kollu terazi ve tartım takımı
- Kronometre
- Su
- Sıvı yağ
- Kibrit
- Tek delikli lastik tıpa (2 adet)
- Üçayak ve destek çubuğu

Deneyin Uygulanışı

1. Dörder kişilik gruplar oluşturunuz.

2. Aşağıdaki tabloyu defterinize çiziniz.

3. Beherglaslardan her ikisine de 100 g su koyunuz.

Beherglaslarlardaki suların ilk sıcaklıklarını termometre ile ölçerek tabloya kaydediniz.

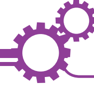
4. Resimdeki düzeneği kurduktan sonra beherglasları, eşit zamanlarda eşit enerji veren ispirto ocakları ile aynı anda ısıtmaya başlayınız. Her 5 dakikada bir suların sıcaklıklarını ölçerek tabloya kaydediniz. Isıtmaya 20 dk. devam ediniz.

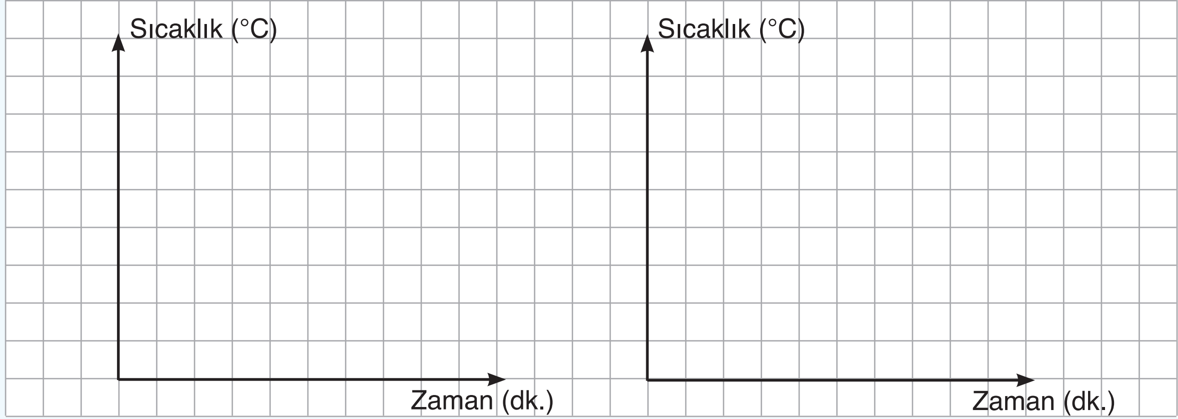
Madde	Sıcaklık				
	0. dk.	5. dk.	10. dk.	15. dk.	20. dk.
100 g su					
100 g su					

5. Beherglaslardaki suları boşaltınız. Bunların birine yeniden 100 g su diğerine 100 g sıvı yağ koyarak ilk sıcaklıklarını ölçerek tabloya kaydediniz ve deneyin 4. adımını tekrarlayınız.

Madde	Sıcaklık				
	0. dk.	5. dk.	10. dk.	15. dk.	20. dk.
100 g su					
100 g sıvı yağ					

6. Tablodaki verilerden yararlanarak su ve sıvı yağ için sıcaklık-zaman grafiklerini çiziniz.





Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Sıvıların sıcaklıklarındaki değişmeler aynı mıdır? Farklı ise bunun sebebi nedir?

2. Bu deneyde madde miktarına ve ısı miktarına bağlı olmayan nedir?

3. Bu deney yardımıyla maddeleri birbirinden ayırt etmek mümkün müdür?

Yaptığınız deneyde aynı miktar ısı eşit kütledeki sulara verildiğinde sıcaklıktaki değişme aynı oldu. Madde miktarı (m) ve maddenin türü (öz ısı,c) aynı olduğuna göre sıcaklıktaki değişme verilen ısı miktarına bağlıdır, diyebiliriz.

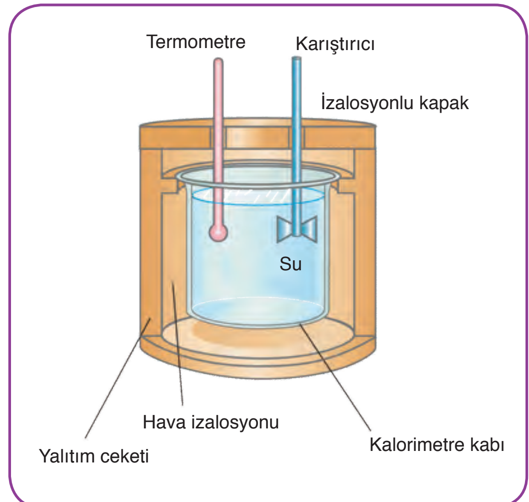
Deneyin 5. adımında görüldüğü gibi eşit kütledeki su ve sıvı yağa eşit miktarda ısı verilmesine rağmen sıcaklıklarındaki artış miktarı farklı oldu. Bunun nedeni ısıtılan maddelerin türünün farklı olmasıdır.

Kütlesi m olan bir maddenin öz ısısı c, verdiği veya aldığı ısı enerjisi Q, sıcaklık değişimi Δt (son sıcaklıkla ilk sıcaklık arasındaki fark) olarak alındığında ısı ile sıcaklık arasındaki ilişki,

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

bağıntısıyla bulunur.

Isıyı ölçmek için kalorimetre kullanılır. Kalorimetre iç içe geçmiş ve arası ısı alışverişini önleyecek şekilde yalıtılmış iki kap ile bir karıştırıcı ve termometreden oluşur (Görsel 5.7). Kalorimetre kabının kütlesi belirlidir. Kabın içine belirli miktarda su konur. Kap ile su arasındaki ısı alışverişinin tamamlanması için bir süre beklenir. Daha sonra sıcaklık termometre yardımıyla ölçülür. Sıcaklığı ve kütlesi belirli bir cisim veya su, kalorimetredeki suya eklenerek bir süre beklenir. Son sıcaklık termometre ile ölçülür. Alınan ısının verilen ısıya eşit olduğu ilkesinden yararlanılarak olaya ilişkin ısı değişimi hesaplanır.

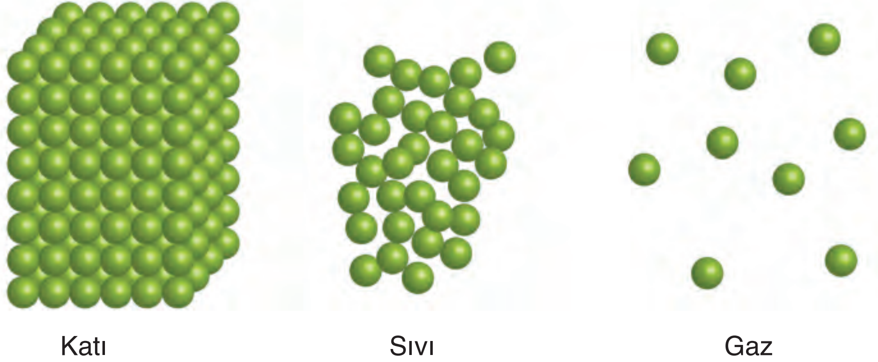


Görsel 5.7: Kalorimetre

5.2. HÂL DEĞİŞİMİ

5.2.1. Saf Maddelerin Hâl Değişimi İçin Gerekli Isı Miktarı

Maddenin değişik fiziksel hâllerde bulunabildiğini biliyoruz. Madde gerekli şartlar oluştuğunda bir hâlden diğerine geçebilir. Maddenin bir hâlden diğer hâle dönüşmesine hâl değişimi adı verilir. Madde hâl değiştirirken ısı alır ya da ısı verir. Isı alan madde tanecikleri birbirinden uzaklaşır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: Hâl değiştiren madde taneciklerinin aralarındaki uzaklıklar da değişir.

Bu bölümde hâl değişimi üzerinde duracağız. Maddenin katı, sıvı, gaz ve plazma olmak üzere dört hâli olduğunu öğrendik. Bu bölümde sadece maddenin katı, sıvı ve gaz hâlleri arasındaki geçişi öğreneceğiz.

Şimdi buzun erimesi ve suyun buharlaşmasını izleyebileceğimiz Deney 5-3'ü yaparak hâl değişim grafiklerini çizelim.

Deney 5-3

Buzdan Başlayarak Buz-Su-Buhar Hâl Değişimlerini Kapsayacak Şekilde, Sıcaklık-Zaman Grafiğinin Elde Edilmesi

Deneyin Uygulanışı

1. Beherglasa eşit kütlelerde buz ve tuz koyarak bir karışım hazırlayınız.

2. Beherglası sacayak üzerine koyunuz ve sıcaklığını ölçünüz. Bu karışımın sıcaklığı 0 °C'un altındadır.

3. Beherglası ısıtmaya başlayınız.

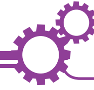
4. Termometre yardımıyla sıcaklık değişimini gözleyerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

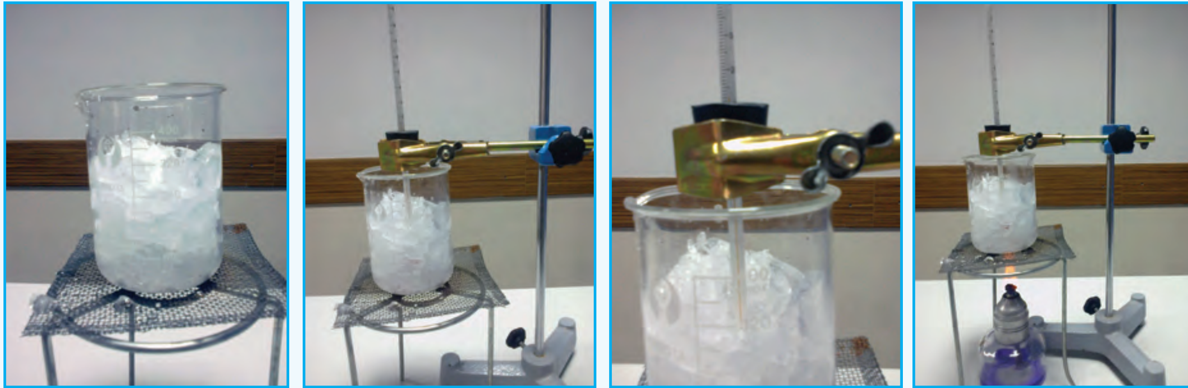
5. Beherglastaki buz eriyip oluşan su kaynayıncaya kadar ısıtmaya devam ediniz.

6. Zamanı yatay eksene, sıcaklığı düşey eksene işaretleyerek bir grafik çiziniz.

Araç ve Gereçler

- Beherglas
- Termometre
- Saat
- Kibrit
- Kırılmış buz
- Tuz
- Tel kafes
- İspirto ocağı
- Sacayak
- İkili bağlama parçası ve kıskaç
- Üçayak ve destek çubuğu





Zaman (dk.)	1	2	3	4	5	6	7	8	......
Sıcaklık (°C)									

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Elde ettiğiniz grafikte sıcaklığın sabit kaldığı kaç zaman aralığı var? Bunların anlamı nedir?

2. Sıcaklığın yükseldiği ve sabit kaldığı kısımlarda ne tür değişmeler olmuştur?

3. Saf bir katıyı buhar hâline getirirken çizilen grafiklerde üç tane düz kısım elde edilebilir mi?

Hâl değişim sıcaklıkları bulunduğunuz yerdeki dış basınç ve kullandığınız buzun saflık derecesine göre farklılık gösterebilir. Bu grafiğin,

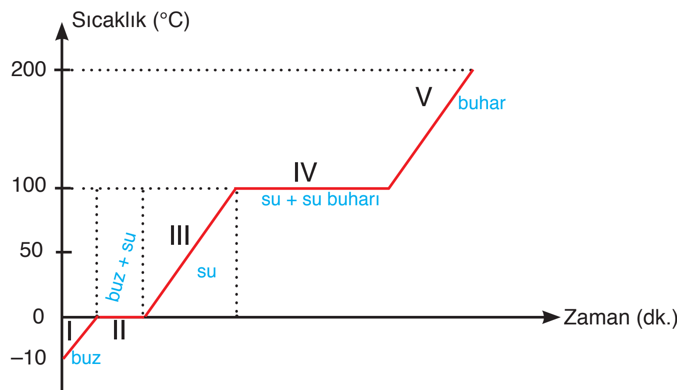
I. aralıkta buzun sıcaklığı –10 °C'tan 0 °C'a yükselmiştir (sıcaklık değişimi).

II. aralıkta sıcaklık sabit kalmıştır. Bu arada verilen ısı, buzun erimesine harcanmıştır. Başlangıçta katı olan madde sıvı hâle geçmiştir (hâl değişimi).

III. aralıkta suyun sıcaklığı, 0 °C'tan 100 °C'a kadar yükselmiş, hâl değişimi olmamıştır (sıcaklık değişimi).

IV. aralıkta sıcaklık 100 °C'ta sabit kalmıştır. Bu arada verilen ısı, suyun buharlaşmasına harcanmıştır. Başlangıçta sıvı olan madde buhar hâle geçmiştir (hâl değişimi).

V. aralıkta buharın sıcaklığı 100 °C'tan 200 °C'a yükselmiştir (sıcaklık değişimi) (Şekil 5.6).



Şekil 5.6: Buzun buhar hâline geçişinde izlediği yol

Erime-Donma, Erime (Donma) Isısı

Buzdolabından çıkarılan buz parçası, masaya konulursa dış ortamdan buza doğru ısı akışı olur. Bu ısı akışı ile buzu oluşturan taneciklerin kinetik enerjilerinde dolayısıyla iç enerjilerinde artış olur. Sonuçta buzun sıcaklığı da artar. Belirli bir sıcaklık değerine ulaştığımızda buz, ısı almasına rağmen artık

taneciklerin kinetik enerjisi artmaz. Tanecikler birbirinden uzaklaşmaya başlar. Böylelikle taneciklerin potansiyel enerjisi artar. Madde, katı hâlden sıvı hâle geçer. Bu şekilde maddenin katı hâlden sıvı hâle geçmesine erime denir (Görsel 5.8).

Görsel 5.8: Dolaptan çıkarılan dondurma bir süre sonra erir.

Görsel 5.9: Yağışlardan sonra gelen aşırı soğuklarda araçların üstündeki sular bile donmaktadır.

Katının belirli bir basınçta sıvıya dönüştüğü sıcaklık erime sıcaklığı ya da erime noktasıdır. Maddenin ısı kaybederek sıvı hâlden katı hâle geçmesine de donma denir (Görsel 5.9). Erime ve donma olayları birbirinin tersidir. Saf bir maddenin aynı ortamda erime noktası, donma noktasına eşittir. Erime (donma) noktası maddenin ayırt edici özelliklerindendir.

Erime sıcaklığındaki bir katının birim kütlesini katı hâlden sıvı hâle geçirmek için verilmesi gereken ısı enerjisine **erime ısısı (L_e)** veya **erime gizli ısısı** denir. Erime ısısı birimi J/kg'dır. Katılar erirken aldıkları ısıyı donarken geri verir. **Erime ısısı** ve **donma ısısı (L_d)** aynı değerdedir. Erime (donma) ısısı maddenin ayırt edici özelliklerindendir. Bazı maddelerin erime (donma) sıcaklığı ve erime (donma) ısılarının değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir. Erime (donma) sıcaklığındaki m gram maddenin erimesi için alması gereken ısı enerjisi ve donması için vermesi gereken ısı enerjisi aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

Tablo 5.2: Bazı maddelerin erime (donma) sıcaklığı ve erime (donma) ısıları

Madde	Erime (donma) Sıcaklığı (°C)	Erime (donma) Isısı (J/kg)
Buz	0	$3,34 \times 10^5$
Etil alkol	–114	$1,04 \times 10^5$
Azot	–209,97	$2,55 \times 10^4$
Oksijen	–218,79	$1,38 \times 10^4$
Kurşun	327,4	$2,26 \times 10^4$
Alüminyum	658	$3,21 \times 10^5$
Gümüş	960,80	$8,82 \times 10^4$
Altın	1063	$6,44 \times 10^4$
Bakır	1080	$1,76 \times 10^5$
Demir	1536	$1,17 \times 10^5$
Cıva	–39	$1,129 \times 10^4$

* *Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1, Palme Yayıncılık, Ankara, 2011.*

Buharlaşma-Yoğunlaşma, Buharlaşma Isısı

Sıvıyı oluşturan tanecikler katıdakilere göre daha hareketlidir. Bu tanecikler değişik yönlere doğru gelişigüzel hareket ederken birbiriyle çarpışır ve enerji alışverişinde bulunur. Enerji kazanan bir tanecik kendisini etkileyen çekim kuvvetlerini yenerek sıvıyı terk eder ve gaz hâline geçer. Bu olaya **buharlaşma** denir. İpe astığımız çamaşırlar bir süre sonra kurur. Yere dökülen su bir süre sonra su buharına dönüşür. Bu olaylarda su, havaya su buharı olarak karışır. Bu olay her sıcaklık değerinde meydana gelebilir. Örneğin su molekülleri buz hâlindeyken bile buharlaşabilir. Buharlaşma aslında soğutma sürecidir. Buharlaşan sıvılar buharlaşmak için gerekli olan enerjiyi bulundukları ortamdan alır. Terimiz kururken vücudumuz serinler (Görsel 5.10). Testinin gözeneklerinden sızan su buharlaşırken testinin ve içindeki suyun ısısını alarak suyu soğutur (Görsel 5.11).

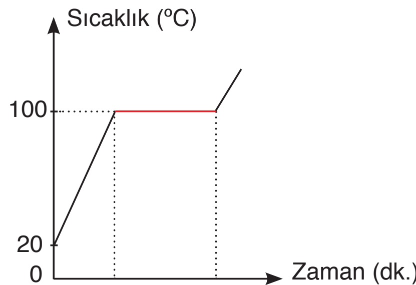
Görsel 5.10: Terlemenin vücutta soğutma sistemi gibi bir etkisi vardır.

Görsel 5.11: Toprak testiler suyu soğuk tutar.

Buharlaşma sıvı yüzeyinde gerçekleşir. Eğer sıvı, ısı almaya devam ederse bir süre sonra taneciklerin kinetik enerjilerinin artmadığı, suyun aldığı enerjinin tanecikler arasındaki potansiyel enerjiyi artırdığı görülür. Bu durumda suyun her yerinde hızlı bir şekilde buharlaşma başlar. Buna kaynama denir.

Sıvı buharı dışarı ısı vererek soğursa taneciklerin iç enerjileri azalır. İç enerjileri azalan taneciklerin kinetik enerjileri azalır ve aralarındaki çekim kuvvetleri artar. Buhar, sıvı hâle geçer. Bu şekilde maddenin gaz hâlinden sıvı hâle geçmesine **yoğunlaşma** denir.

Arı bir sıvı, her sıcaklıkta buharlaşabildiği hâlde sadece belirli bir sıcaklıkta kaynar. Kaynama sırasında sıvı tamamen bitinceye kadar sıcaklık aynı kalır (Şekil 5.7). Su veya diğer bir sıvının kaynama sıcaklığı dış basınca bağlıdır. Deniz seviyesinde ya da 1 atm dış basınçta saf su 100 °C'ta kaynar. Deniz seviyesinden yukarılara doğru çıkıldıkça dış basınç azalır ve su 100 °C'tan daha düşük sıcaklıklarda kaynar.



Şekil 5.7: Sıvılar kaynarken sıcaklıkları sabit kalır.

Buharlaşmanın en hızlı olduğu sıcaklık değerine **kaynama noktası** denir. Kaynama sıcaklığındaki bir sıvı buharlaşırken aldığı ısıyı yoğunlaşırken geri verir. Kaynama sıcaklığındaki sıvının birim kütlesinin buharlaşması için alması gereken ısıya **buharlaşma ısısı** (L_b) denir. Buharlaşma ısısı, yoğunlaşma ısısına (L_y) eşit değerdedir $(L_b = L_y)$. Bazı maddelerin kaynama (yoğunlaşma) sıcaklıkları ile buharlaşma (yoğunlaşma) ısıları Tablo 5.3'te verilmiştir. Aynı maddenin aynı basınç altında kaynama ve yoğunlaşma sıcaklıkları birbirine eşittir. Kaynama (yoğunlaşma) sıcaklığındaki m gram sıvının buharlaşması için alması gereken ısı enerjisi ve yoğunlaşması için vermesi gereken ısı enerjisi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$Q = m \cdot L_b$ $\qquad$ $Q = m \cdot L_y$

Tablo 5.3: Bazı maddelerin kaynama sıcaklıkları ve buharlaşma (yoğunlaşma) ısıları

Madde	Kaynama (yoğunlaşma) Sıcaklığı (°C)	Buharlaşma (yoğunlaşma) Isısı (J/kg)
Su	100	$2,26 \times 10^6$
Etil alkol	78,4	$8,54 \times 10^5$
Azot	–195,81	$2,01 \times 10^5$
Oksijen	–182,97	$2,13 \times 10^5$
Kurşun	1750	$8,70 \times 10^5$
Alüminyum	2450	$1,14 \times 10^7$
Gümüş	2193	$2,33 \times 10^6$
Altın	2660	$1,58 \times 10^6$
Bakır	1187	$5,06 \times 10^6$

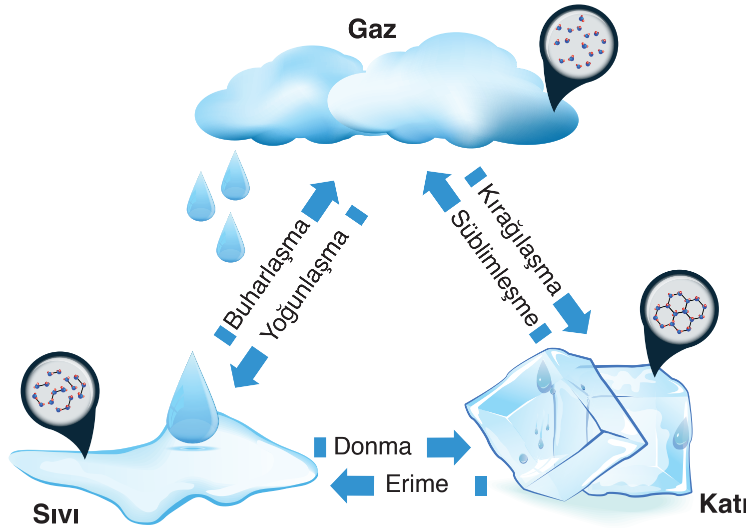
**Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1, Palme Yayıncılık, Ankara, 2011.*

Süblimleşme

Katıyı oluşturan tanecikler arasındaki çekim kuvvetinin çok zayıf olması durumunda, katılar erimeden buharlaşabilir. Örneğin kuru buz denilen katı karbondioksit, 1 atm basınçta sıvılaşmadan gaz hâline geçer. Bir katının erimeden buharlaşması olayına **süblimleşme** denir. Basınca bağlı olarak birçok katıda bu durum sağlanabilir. 1 atm basınçta naftalin, iyot, arsenik gibi maddeler süblimleşir.

Maddenin gaz hâlinden doğrudan katı hâle geçmesine **geri süblimleşme** ya da **kırağılaşma** denir. Kışın sabahın erken saatlerinde havadaki su buharının temas ettiği yerlerde donduğunu gözlemlemişsinizdir. Bu durum, kırağılaşma olayına örnektir.

Maddede meydana gelen hâl değişimlerini Görsel 5.12'deki gibi özetleyebiliriz.



Görsel 5.12: Hâl değişimleri

Bilgi İletişim Teknolojisi

Aşağıdaki Genel Ağ adresinden maddenin hâl değişimlerini izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/eevyD8

5.3. ISIL DENGE

5.3.1. Isıl Denge Kavramının Sıcaklık Farkı ve Isı Kavramı ile İlişkisi

Termosa sıcak su koyup bir süre beklersek suyun sıcaklığında nasıl bir değişme olur? Termos yalıtılmış bir sistem olduğundan içindeki suyun sıcaklığı uzun süre değişmeden kalabilir. Peki, bir bardağa sıcak çay veya buzlu su koyup bekletildiğinde sıcaklık uzun süre aynı kalır mı? Sofrada çorba ya da yemeğimizin sıcaklığı ağzımızı yakıyorsa biraz bekleriz. Bunun sebebi nedir? Çünkü bir süre sonra çorba ya da yemek, bulunduğu ortama ısı enerjisi verir ve soğur (Görsel 5.13 a, b, c). Günlük hayatta ısının alınıp verildiği yukarıdaki örneklere benzer pek çok olayla karşılaşırız.

Görsel 5.13: a) Sıcak çay bir süre bekleyince soğur. b) Buzlu su bekletilince buz erir ve sıcaklığı yükselir. c) Bir süre bekletilen sıcak çorbanın sıcaklığı düşer.

Sıcaklıkları farklı cisimler birbirleriyle karıştırılırsa veya temas ettirilirse sıcak cisim, ısı vererek soğurken soğuk cisim ısı alarak ısınır. Bir maddedeki sıcaklık değişikliği, o maddenin aldığı veya verdiği ısının bir göstergesidir. Aralarındaki ısı alışverişi, son sıcaklıkları eşit oluncaya kadar sürer. Bir maddenin çevresiyle aynı sıcaklık değerine ulaşmasına ısıl denge, bu durumdaki sıcaklığa da denge sıcaklığı denir. Deney 5-4'ü yaparak sıcaklıkları farklı sular arasındaki ısı alışverişini inceleyelim.

Deney 5-4

Farklı Sıcaklık ve Kütledeki Suların Karıştırılmasında Isı Alışverişinin İncelenmesi

Araç ve Gereçler

- Beherglas (2 adet; 250 mL)
- Cam çubuk
- Sacayak (2 adet)
- Termometre (2 adet)
- İspirto ocağı (2 adet)
- Bunzen kıskacı (2 adet)
- Bağlama parçası (2 adet)
- Tel kafes (2 adet)
- Üçayak (2 adet)
- Destek çubuğu (2 adet)

Deneyin Uygulanışı

1. Beherglaslardan birine 50 mL, diğerine 100 mL su koyunuz.

2. Birinci beherglastaki suyu 60 °C'a, ikincisini ise 30 °C'a kadar ısıtınız.

3. Sıcaklıkları dikkatli bir şekilde bir kere daha okuduktan sonra sıcak suyu, soğuk suyun üzerine dökünüz ve cam çubukla karıştırıp son sıcaklığı okuyunuz. Yaptığınız sıcaklık ölçümlerini defterinize yazınız.

4. Suların sıcaklığındaki değişmeleri bulunuz.

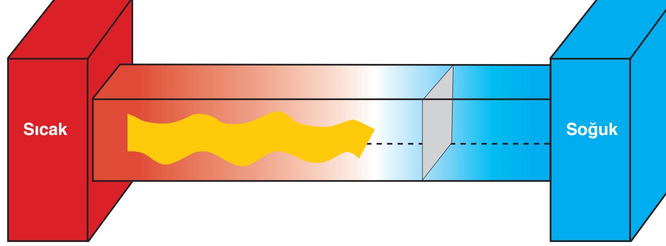
Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Suların sıcaklığında nasıl bir değişme gözlemlediniz?

2. Sıcak su ile soğuk su arasında nasıl bir ısı alışverişi olmuştur?

3. Isı veren ve ısı alan hangisidir? Isının akış yönü nasıldır?

Deneyde de gözlemlediğiniz gibi sıcaklık, ısının akış yönünü belirleyen ve madde miktarından bağımsız bir niceliktir. Isı daima yüksek sıcaklıktaki bir maddeden düşük sıcaklıktaki bir maddeye doğru akar (Görsel 5.14). Evrende kendiliğinden oluşan tüm olaylarda gözlenen bu gerçek, doğanın en temel kanunlarından biridir.



Görsel 5.14: Isı, yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akar.

Birbirine temas eden iki madde sadece kendi aralarında ısı alışverişinde bulunuyorsa ısıl dengeye gelinceye kadar birinin aldığı ısı, diğerinin verdiği ısıya eşit olacaktır. Bu durum, enerjinin korunumunun bir sonucudur. Hâl değişiminin olmadığı bir ısı alışverişi için ısıl denge durumunu aşağıdaki şekilde ifade ederek denge sıcaklığını hesaplayabiliriz.

$$Q_{alınan} = Q_{verilen}$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot \triangle t_1 = m_2 \cdot c_2 \cdot \triangle t_2$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_{son} - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t_{son})$$

Her iki madde için sıcaklık değişimi yazılırken yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığı çıkarmak yeterlidir.

Bilgi İletişim Teknolojisi

Isıl dengeyle ilgili simülasyon ve gösterimler için aşağıdaki Genel Ağ adresini ziyaret edebilirsiniz.

https://goo.gl/TStxte

Süreci Değerlendirelim 5-2

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

Isı sığası	ısıl denge	yoğunlaşma	süblimleşme
kaynama	sıcaklık	plazma	donma
enerji	erime	buharlaşma	erime ısısı

1) Madde katı, sıvı, gaz ve .... hâlinde bulunur.

2) Katının belirli bir basınçta sıvıya dönüştüğü sıcaklığa .... noktası denir.

3) Saf bir maddenin aynı ortamda erime noktası .... noktasına eşittir.

4) Erime sıcaklığındaki bir katının birim kütlesini sıvı hâle geçirmek için verilmesi gereken enerjiye .... denir.

5) Sıvı yüzeyinden .... her sıcaklıkta gerçekleşebilir.

6) Hâl değişimleri gerçekleşirken .... sabit kalır.

7) Açık hava basıncı azaldıkça suyun .... sıcaklığı düşer.

8) Katının erimeden buharlaşmasına .... denir.

9) Bir maddenin temas ettiği maddelerle, ortam sıcaklığı ile eşit sıcaklığa geçişine .... denir.

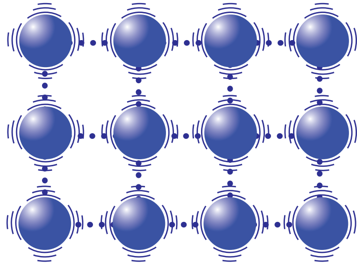
10) Isı alışverişi yapan, ... eşit iki maddenin sıcaklık değişimleri de eşit olur.

5.4. ENERJİNİN İLETİM YOLLARI VE ENEJİ İLETİM HIZI

5.4.1. Isının İletim Yolları

Enerjinin iletim şekli, iletilecek enerjinin türüne göre farklılık gösterir. Enerji türleri farklı yollarla bir yerden bir yere aktarılabilir. Elektrik enerjisinin iletken kablolar ile bir lambaya akması ve lambanın ışık vermesi sağlanır. Elektrik gibi ısı enerjisi de belirli yollarla iletilebilir. Isı enerjisinin yayılması iletim, konveksiyon ve ışıma yolları ile olur.

a. Isının İletim Yoluyla Yayılması (İletim)



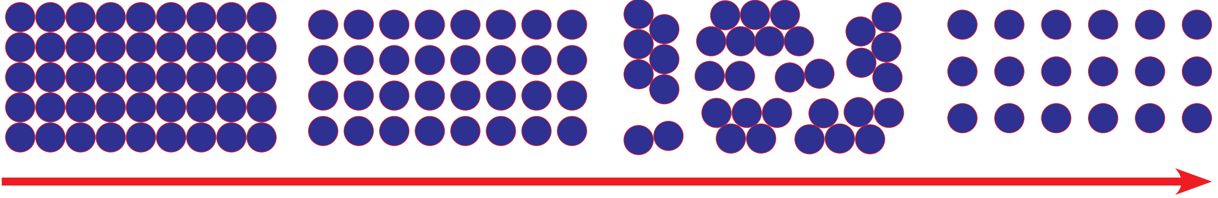
Şekil 5.8: Katı tanecikleri yalnız titreşim hareketi yaptıkları için ısıyı yanındaki taneciklere çarparak iletir.

Maddeyi oluşturan taneciklerin birbirine çarpması ile ısı enerjisinin aktarılmasına ısının iletim yoluyla yayılması denir. Isı enerjisinin iletim yoluyla yayılması, bütün maddeler taneciklerden oluştuğu için katı, sıvı ve gazlarda görülür. Fakat ısının iletim yoluyla yayılması katı maddelerde, sıvı ve gaz hâlindeki maddelerden daha kolay gerçekleşir. Katılar ısı enerjisini sadece iletim yoluyla yayar. Bunun nedeni katı maddelerin taneciklerinin öteleme hareketi yapamamasıdır. Sadece titreşim hareketi yapabilen katı taneciklerinin ısı etkisiyle titreşim hızları yani kinetik enerjileri artar (Şekil 5.8). Titreşim hızı artan tanecikler, yakın çevresindeki taneciklere çarparak onların hızlarını da artırır. Böylece her katı taneciğinin enerjiyi kendi yanındakilere aktarması ile ısı, madde boyunca yayılmış olur.

Metaller, ısıyı iyi ileten maddelerdir. Tahta, cam, porselen gibi maddelerin ısı iletim hızı çok düşüktür. Bütün maddelerin ısı iletkenlikleri farklıdır. Isının bir maddedeki yayılma hızı o maddenin iletken mi yoksa yalıtkan mı olduğunu belirtir.

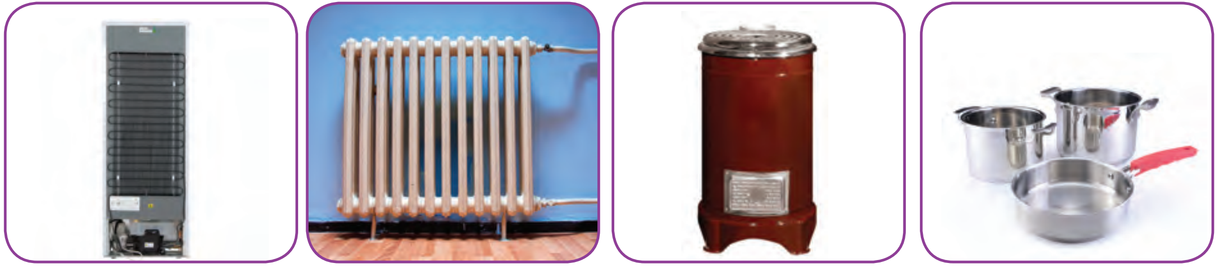
Bir maddenin ısıyı iletim yoluyla iyi ya da kötü iletmesi, maddeyi oluşturan tanecikler arasındaki uzaklıkla ilgilidir. Tanecikler arasındaki uzaklık arttıkça maddenin iletim kalitesi düşer (Şekil 5.9).

Maddelerin bu özelliğinden yararlanılarak ısı yalıtkanı maddeler üretilmektedir.



Şekil 5.9: Taneciklerin arasındaki boşluk ve taneciklerin düzensizliği arttığı için ısı iletkenliği ok yönünde azalır.

Isıyı iyi ileten maddelere ısı iletkeni denir. Isı iletkenlerini oluşturan tanecikler arasındaki boşluk çok azdır ve tanecikler düzenlidir. Görsel 5.15'te ısı iletkeni maddelerin günlük hayattaki kullanım alanlarına bazı örnekler verilmiştir.



Görsel 5.15: Buzdolabı ve kalorifer petekleri ile soba, tencere, tava gibi malzemeler ısı iletimi yüksek metallerden imal edilir.

Tahtanın ısı iletimi çok az olduğundan bir ucu yanmakta olan bir tahta parçası diğer uçtan tutulabilir, sıcak yemekler tahta kaşıkla karıştırılabilir (Görsel 5.16).

Görsel 5.16: Yemek pişirirken tahta kaşık kullanılması tahtanın iyi bir ısı iletkeni olmadığını gösterir.

Isı iletkenliği bakımından buz da iyi bir iletken değildir. Bu nedenle soğuk günlerde gölün üzerinde oluşan buz tabakası çok yavaş kalınlaşmaktadır. Buzun alt yüzey sıcaklığı 0 °C, üst yüzey sıcaklığı ise havanın sıcaklığına eşittir.

Isıyı iyi iletemeyen maddelere ısı yalıtkanı denir. Isı yalıtkanlarını oluşturan tanecikler arasındaki boşluk çok fazladır ve tanecikler düzensizdir. Isı yalıtkanları kısa sürede çok az miktarda ısı iletir.

Tahta, plastik, beton, hava ısı yalıtkanıdır. Plastik köpük, cam yünü, pamuk, saman, asbest, çift camlı pencerelerdeki hava boşluğu, termoslardaki iç ve dış yüzey arasındaki havasız ortam (vakum) ısı yalıtımı için kullanılır.

b. Isının Konveksiyon (Taşınım) ile Yayılması

Isı enerjisinin hava veya sıvı akımı ile yani taneciklerin yer değiştirmesi ile yayılmasına ısının konveksiyon yolu ile yayılması denir. Isının konveksiyon yoluyla yayılması, sıvı ve gazlarda olur. Isı kaynağından aldığı ısı nedeniyle özkütlesi azalan madde tanecikleri yükselir. Yukarıdaki taneciklere çarparak ısı kaybeden tanecikler yavaşlar ve aşağıya doğru hareket eder (Görsel 5.17).

Beherglasta ısıtılan su içinde bir akım oluşur.

Bir oda içindeki ısınan havanın yükselmesi sonucunda bir akım oluşur.

Görsel 5.17: Sıvı ve gazlarda ısı iletimi maddeyi oluşturan taneciklerin hareketi ile gerçekleşir.

Katıların tanecikleri, öteleme hareketi yapamadığı için konveksiyon (taşıma) ile ısı iletimi katı maddelerde gerçekleşmez. Sıvılar ve gazlar katılardan farklı olarak akışkan özelliktedir yani tanecikleri öteleme hareketi yapabilir. Sıvı ve gaz hâlindeki madde ısıtılınca tanecikler arası boşluklar dolayısıyla hacim artmaya başlar. Kütle değişmeden hacimde meydana gelen artış, maddenin özkütlesinin azalmasına neden olur. Özkütlesi azalan madde tanecikleri yükselirken yerine daha soğuk olan madde tanecikleri gelir. Böylelikle madde içerisinde aşağıdan yukarı doğru dairesel bir tanecik akımı oluşur. Enerjisi artan ve yükselen tanecikler diğer taneciklerle çarpışarak enerjilerini aktarır. Böylece ısı enerjisi taneciklerin hareketi ile maddenin her tarafına taşınmış olur. Kaloriferin veya sobanın odayı ısıtması, alttan ısıtılan tenceredeki veya kazandaki suyun ısınması konveksiyon yoluyla gerçekleşir.

Evlerimizde ya da okulumuzdaki kalorifer, termosifon, güneş enerjisi kolektörü gibi sistemler ısının konveksiyon yoluyla yayılması özelliğine dayanılarak geliştirilmiştir. Bu sistemlerde ısınan su konveksiyon yoluyla yukarıya, soğuyan su da aşağıya doğru hareket ederek sürekli bir su dolaşımı oluşturur.

Araştıralım

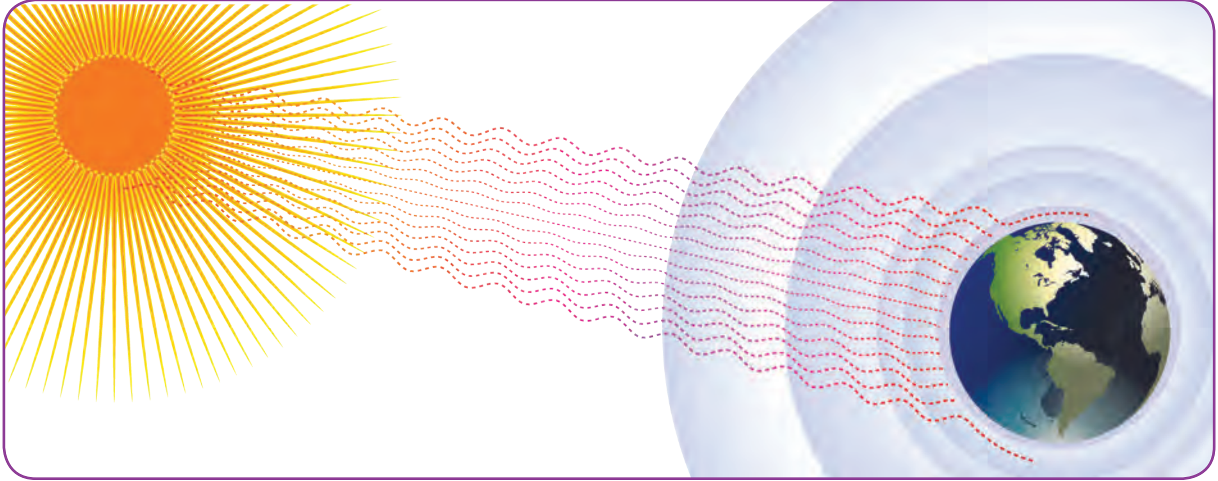
Çatılara konulan güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin çalışma şeklini araştırarak edindiğiniz bilgileri sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

c. Isının Işıma (Radyasyon) Yoluyla Yayılması

Isının iletim ve konveksiyon yoluyla yayılmasının taneciklerin diğer taneciklere çarpmasıyla gerçekleştiğini öğrendik. Eğer tanecik olmazsa ısı nasıl iletilebilir?

Evimizin Güneş gören odaları daha sıcak olur. Ay'ın Güneş gören yüzeyinin sıcaklığı yaklaşık 120 °C, Güneş ışınlarının ulaşmadığı arka yüzünde ise sıcaklık yaklaşık –150 °C'tur. Güneş ışınları uzay boşluğunda ilerleyerek Ay'a ulaşmaktadır. Buradan hareketle tanecik olmayan bir ortamda ısının ışık ışınları ile taşındığı sonucuna ulaşılabilir. Bu şekilde ısı enerjisinin tanecik olmadan gözle görülen ya da görülmeyen ışınlar yardımıyla iletimine ışıma yoluyla iletim denir. Isının ışıma yoluyla yayılması temas olmadan gerçekleşir. Isının ışıma ile yayılması saydam ortamlarda ve boşlukta gerçekleşir. Işıma yoluyla iletimde maddesel bir ortama ihtiyaç yoktur.

Isının, ışıma ile yayılmasında ısı enerjisi ışık gibi davranarak her yöne, enerji dalgaları şeklinde yayılır. Bu nedenle ısı yayılırken maddesel bir ortama ihtiyaç duyulmaz (Görsel 5.18).



Görsel 5.18: Güneş ışınları uzay boşluğundan geçerek Dünya'ya ulaşır.

Enerji İletim Yollarının Günlük Hayattaki Kullanım Alanları

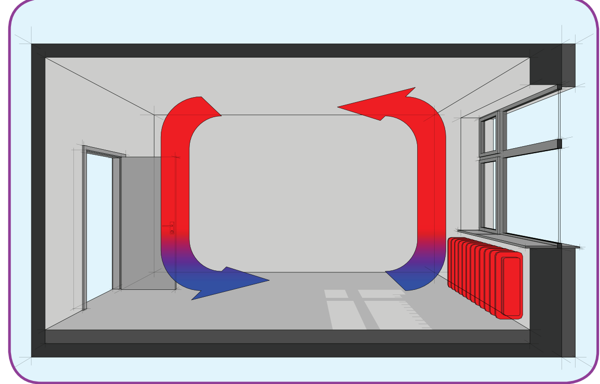
Isının ışıma yoluyla yayılmasından günlük yaşamda farklı yerlerde yararlanmaktayız. Bunlardan birisi de güneş enerjisi sistemleri ile sıcak su ihtiyacının karşılanmasıdır. Ayrıca günümüzde güneş enerjisinden santraller yardımıyla elektrik de üretilmektedir. Işık enerjisinden daha fazla yararlanabilmemiz için yüzeyin ışığı soğuran koyu renkli ve mat olması gerekir (Görsel 5.19).

Görsel 5.19: Güneş enerjisi kolektörleri koyu renklidir.

Bunun yanında ışıma etkisinden korunmak için yüzeyler parlak ve açık renkli olmalıdır. Güneş'ten gelen ışınların bina içine girmesini engellemek için camlar parlak filmle kaplanmaktadır. Termosların

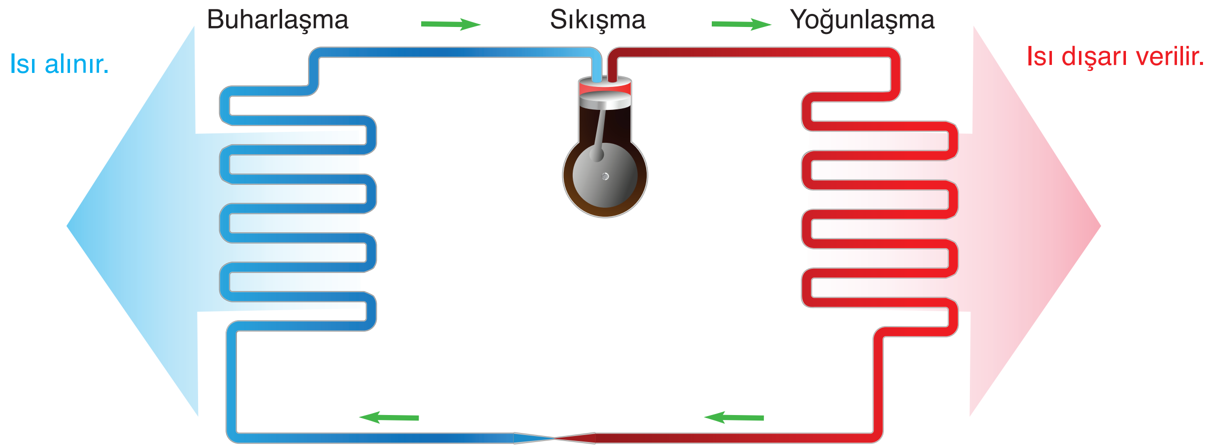
hem iç hem de dış yüzeyi parlak şekilde yapılır. Böylece dıştan içe ya da içten dışa ışıma yoluyla ısı akışı engellenmektedir.

Enerji iletiminin günlük hayatta çok önemli olduğu alanların başında ısıtma sistemleri gelir. Kalorifer sistemlerinde konveksiyon ile iletimden yararlanılır. Kalorifer kazanında ısıtılan su, borular yardımıyla odalardaki metal peteklere ulaştırılır. Sıcak su ile ısınan petekler çevresindeki hava moleküllerine enerji aktarır (Görsel 5.20). Hareketleri hızlanan hava moleküllerinin diğer hava moleküllerine çarpması sonucu ısı, odaya yayılır.



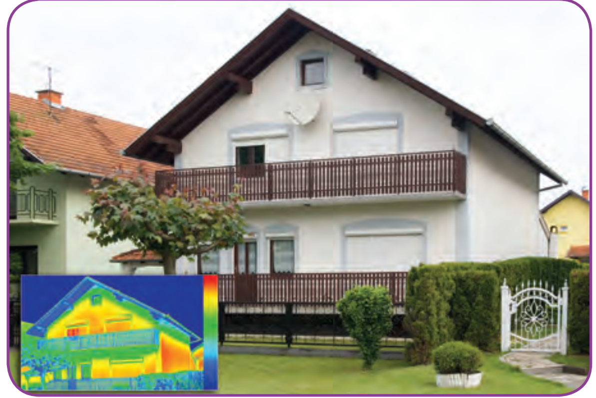
Görsel 5.20: Isınan peteklerin çevresindeki hava moleküllerine enerji aktarması sonucu oda ısınır.

Soğutma sistemlerinde de ısı iletimi önemlidir. Soğutma sistemlerinde ısının bir bölgeden uzaklaştırılması gerekir. Örneğin buzdolabının içindeki ısı enerjisi dışarı çıkartılarak buzdolabının iç kısmının soğuk kalması sağlanır. Bunun için soğutucu akışkanlardan yararlanılır. Kıvrımlı borularla buzdolabının içerisine giren soğutucu akışkan buradan ısı alarak buharlaşır. Buharlaşan akışkan dışarı çıkarak buzdolabının arkasındaki yoğunlaştırıcıda kazandığı ısıyı dışarı bırakır. Isıyı bırakmasıyla da tekrar sıvıya dönüşerek dolabın içine döner (Görsel 5.21).



Görsel 5.21: Soğutucu akışkanın buzdolabındaki akım şeması

Bütün maddeler çevrelerine ışıma yoluyla ısı yayar. Bu yaydığı enerji gözle göremediğimiz kızılötesi denen bir ışıma şeklinde olur. Kızılötesi ışınları algılayan cihazlar sayesinde gece görüş kameraları yapılmıştır. Termal kamera olarak bilinen bu kameralarla gece de görüntü alınabilmektedir (Görsel 5.22). Bu kameralarda sıcak bölgeler kırmızı, soğuk bölgeler mavi renk tonlarında görünür.



Görsel 5.22: Termal kamera ile çekilmiş bir fotoğraf

Araştıralım

Yukarıda yaptığımız açıklamalarda ısının yayılma yollarını ve bunlarla ilgili bazı uygulamaları öğrendiniz. Siz de çevrenizde ısının yayılma yollarıyla ilgili ne tür uygulamalar olduğunu araştırarak sonuçları sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.4.2. Katı Maddedeki Enerji İletim Hızını Etkileyen Değişkenler

Katı maddelerde ısının iletim yoluyla yayıldığını öğrendiniz. Acaba bütün katılar ısıyı iletir mi? Isı iletkeni olan katıların iletim hızları aynı mıdır? Deney 5-5 ile farklı metallerin ısı iletkenliklerini karşılaştıralım.

Deney 5-5

Metallerin Isı İletkenliklerini Karşılaştıralım

Araç ve Gereçler

- Isı iletim aleti
- İspirto ocağı
- Kronometre
- Mum
- Maket bıçağı
- Kibrit

Deneyin Uygulanışı

1. Isı iletim aletinin uç kısımlarına birer parça mum koyunuz.

2. İspirto ocağını yakınız ve ısı iletim aletini sapından tutarak orta yerinden ısıtmaya başlayıp kronometreyi çalıştırınız.

3. Isı iletim aletindeki her bir mumun erimeye başlama süresini kronometre ile belirleyiniz.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Hangi metal, ısıyı daha hızlı iletti?

2. Hangi metal, ısıyı en yavaş iletti?

Deney 5-5'te görüldüğü gibi metallerin ısı iletkenliği kendi içerisinde değişkenlik gösterir. Her katının ısı iletkenliği kendine özgüdür. Isı iletim hızı maddenin cinsine bağlıdır. Isı iletkenliği, katı maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Isı, ısıtılan uçtan soğuk uca yani mumun olduğu uca aktı. Bir yerden başka bir yere ısı iletiminin olabilmesi için iki nokta arasında sıcaklık farkının olması gerekir.

Isı enerjisini kayıpsız iletmek mümkün değildir. Isı iletim hızı ne kadar büyük olursa ısı kaybı da o kadar az olacaktır. Isının daha hızlı yayılabilmesi için maddeyi oluşturan taneciklerin çok kısa süre içinde birbiriyle çarpışabilmesi gerekir. Bunun için de tanecikler birbirine mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Bu durumda genel olarak tanecik yakınlıkları dikkate alındığında katıların sıvılardan, sıvıların da gazlardan daha hızlı iletime sahip olacağı söylenir. Isı yalıtım malzemeleri seçilirken tanecikleri birbirine yakın olmayan, tanecikleri arasında hava boşlukları bulunan maddeler seçilir. Böylece ısı iletim hızı düşürülmüş olur.

Isı, sıcak olan maddeden soğuk olana doğru akar. Isı iletim hızını artırmak için ısının iletileceği iki nokta arasındaki sıcaklık farkının çok büyük olması gerekir. Isı iletim hızını etkileyen bir başka faktör ise ısı akışının yaşandığı bölgenin kesitidir. Isı iletim hızının büyük olması için kesitin büyük olması gerekir. Kalorifer peteklerinin paralel yerleştirilmiş levhalara benzer şekilde girintili çıkıntılı yapılmasının nedeni, yüzey alanını artırmak içindir (Görsel 5.23). Soğuk bölgelerde pencerelerin küçük yapılmasının nedeni de yüzey alanını azaltarak ısı iletim hızını dolayısıyla ısı kaybını önlemektir.

Görsel 5.23: Temas yüzeyini artırmak için kalorifer petekleri düz plaka şeklinde yapılmaz

Isı iletim hızı maddenin kalınlığına da bağlıdır. Her zaman ısının iletim hızının artırılması değil bazen de hızın yavaşlatılması gerekebilir. Kışın soğuk havada üşümemek için vücudumuzun çevreye ısı yaymasını ve soğuk havanın da içeri girmesini engellemeye çalışırız. Bunun için kalın kıyafetler giyeriz (Görsel 5.24).

Görsel 5.24: Soğuk havada vücut ısımızın kaybını önlemek için kalın giysiler giyeriz.

Soğuk bölgelerde duvarların daha kalın olmasının nedeni ısı iletim hızını düşürerek ısı kaybını önlemektir.

Buna göre maddeden yayılan ısının miktarı, yayıldığı ortamın kalınlığı ile ters orantılıdır.

İletilen ısı miktarı Q, iletimin gerçekleşme süresi $\triangle t$ alındığında, ısının iletim hızı $\left(\frac{Q}{\triangle t}\right)$dir. Isı iletim hızının iki ortam arasındaki sıcaklık farkı $(\triangle T)$, dik kesit alanı (A) ve kalınlık $(\triangle x)$ değerlerine bağlı matematiksel ifadesi

$$\frac{Q}{\triangle t} = \frac{k \cdot (A \cdot \triangle T)}{\triangle x} \text{ olur.}$$

Kesit alanı m^2, kalınlık m, zaman (t) s cinsinden alındığında ısı iletim hızının birimi J/s olur. k, maddenin cinsine bağlı ısı iletkenlik katsayısı olup birimi W/m·K'dir.

Tablo 5.4'te bazı maddelerin ısı iletim katsayıları verilmiştir. Isı iletim katsayısı büyük olan maddeler ısıyı iyi iletir. Yalıtım malzemesi olarak kullanılan maddeler ısı iletim katsayısı düşük olan maddelerdir.

Tablo 5.4: Bazı maddelerin ısı iletim katsayıları

Madde	Isı İletim Katsayısı k (W/mK)
Gümüş	406,0
Bakır	385,0
Çelik	50,2
Kurşun	34,7
Beton	0,8
Cam	0,8
Tahta	0,12-0,04
Yün	0,04
Hava	0,023

Örnek

Şekildeki gibi uçlarına mum yapıştırılmış, uzunlukları aynı, iletkenlikleri farklı üç çubuk birleştirilip ortadan ısıtılıyor. A, B, C mumlarının erime sırası nasıldır?

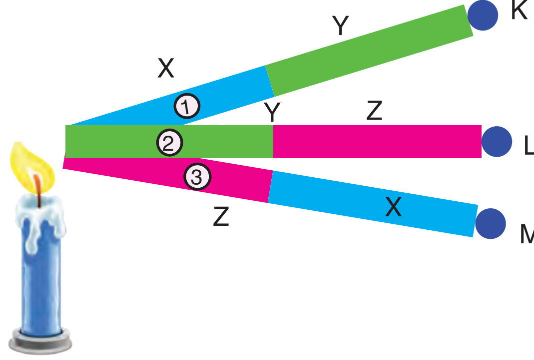
Çözüm

Orta iletken madde, ısıyı uçlarına aynı sürede ileteceği için önce B mumu erir.

İyi iletken ısıyı daha hızlı ileteceğinden sonra A ve en son da C erir.

Örnek

Birbirlerine perçinlenmiş ve uçlarında K, L, M bal mumları bulunan X, Y ve Z çubukları özdeş ısıtıcılarla ısıtıldığında önce K, sonra L, sonra da M bal mumu düşüyor. X, Y, Z metal çubuklarının ısı iletkenliklerini sıralayınız.



Çözüm

K, L'den önce düşüyor. 1 ve 2. çubukta Y metali ortak olduğu için 1. de K'nin önce düşmesinin nedeni X metalinin iletkenliğinin Z metalinin iletkenliğinden büyük olmasıdır.

L, M'den önce düşüyor. 2 ve 3. çubukta Z metali ortak olduğu için 2. de L'nin önce düşmesinin nedeni Y metalinin iletkenliğinin X metalinin iletkenliğinden büyük olmasıdır. Bu üç metalin ısı iletkenlikleri arasındaki ilişki şu şekildedir: $Y > X > Z$

5.4.3. Enerji Tasarrufu İçin Yalıtım

Binalarımız kışın soğur, yazın ise ısınır. Kışın kömür, doğal gaz gibi yakıtlar kullanarak evimizi soğumaması için ısıtır, yazın ise ısınan evimizi klimalarla soğuturuz. Kış aylarında meydana gelen ısı kayıplarını ve yaz aylarında meydana gelen ısı fazlalığını azaltmak için yapılan işlemlere ısı yalıtımı denir. Isı yalıtımı, kışın ısınmak yazın da serinlemek için harcadığımız enerjiyi azaltarak daha konforlu ortamlarda yaşamak amacıyla yapılır. Teknik olarak ısı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için uygulanır. Bu çerçevede ısı yalıtımı, binaların dışarıya veya garaj, depo gibi ısıtılmayan bölümlerine bakan duvar, çatı, döşeme, cam, doğrama ve tesisatlarına uygulanır. Binalarda ısı kaybı büyük oranda kapı ve pencerelerden olmaktadır. Bu kaybı en aza indirmek için öncelikle binalarımızın pencere sayısını azaltmalı ve pencerelerimizi mutlaka çift camlı hâle getirmeliyiz (Görsel 5.25).

Görsel 5.25: İki cam arası havasız duruma yakın hâle getirilen çift cam düzenekleri çok büyük bir ısı yalıtımı sağlamaktadır.

Büyük alet ve araçların birçoğunda yalıtım yer alır. Örneğin fırınlarda, soğutucularda, dondurucularda ve su ısıtıcılarında yalıtım söz konusudur. Yalıtım genelde çevreye olan ısı kaybını engellemeye yarar. Bazı hâllerde ise çevreden gelen ısıya karşı koruma sağlar. Kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları birbirinden farklıdır. Ama sadece ısı iletkenlik değeri 0,065 W/mK değerinin altında olanlar ısı yalıtım malzemesidir. Isı yalıtımı için temel yöntem kötü iletken maddelerin kullanılmasıdır. Madde taneciklerinin arasındaki boşluklar ne kadar büyükse ısının iletimi o kadar zorlaşır. Strafor köpük, mantar, cam yünü gibi malzemeler içinde fazlaca hava boşlukları olduğu için yalıtım malzemesi olarak kullanılır (Görsel 5.26).

Görsel 5.26: Tesisatlarda ve binalarda ısı yalıtımı amacıyla strafor köpük, mantar, cam yünü gibi yalıtım malzemeleri kullanılır.

Çoğu ülkede, ısıtma ve soğutma işi için oldukça büyük miktarda para harcanmaktadır. Evler ve binalar verimli ve doğru bir şekilde yalıtıldığında enerji verimi artmakta ve parasal olarak da tasarruf sağlanmaktadır. Isı yalıtımının maliyeti toplam bina maliyetinin %3-5'i arasındadır. Ancak yapılan enerji tasarrufu, yatırım maliyetini birkaç sene içinde karşılamaktadır. Isı yalıtımı konforu artırır. Bina boyunca, sıcaklık dağılımı daha homojen olur. Yalıtım, dışarıdan gelen gürültüyü emdiği için, ses yalıtımı da sağlar. Genel bir kazanç olarak da, yalıtım sayesinde ısınma amacı ile yakılan yakıttan çevreye zararlı olan atık gaz emisyonu da azalmış olur.

Araştıralım

Isı yalıtımı sadece binalarda mı uygulanır? Isı yalıtımının uygulandığı yerlere günlük hayattan örnekler veriniz. Bu uygulamalarda ne tür yalıtım malzemeleri kullanıldığını araştırınız.

Proje

Binalar inşa edilirken Güneş ışığından azami derecede istifade edecek şekilde tasarlanmalı ve ısı yalıtımına büyük önem verilmelidir. Bütün bu çalışmaların yapılabilmesi için inşaat firmalarının AR-GE (Araştırma-Geliştirme) konusuna ağırlık vermesi gerekmektedir. Verimli bir AR-GE çalışması

için firmalar bu konuda uzman kişilerden oluşan bir proje ekibi kurmalıdır. Oluşturulan proje ekibi kararları ortak alacak şekilde yetkilendirilmelidir. Ardından görevler eşit bir şekilde paylaştırılıp herkesin proje ile ilgili bulguları ve görüşlerini açıklayabilmesi sağlanmalıdır. Bu aşamadan sonra süreç ve ürünün kullanışlılığı, fiyatı ve uygulanabilirliğindeki olumlu, olumsuz yönler değerlendirilmelidir. Bütün bu bilimsel çalışmaların sonucunda herkesin ortak kararıyla rahatlıkla uygulanabilecek uygulamalar, cihazlar, yöntemler ortaya çıkacaktır.

Siz de yukarıda verilen bilgi doğrultusunda ısı yalıtımı ile ilgili bir proje hazırlayınız. Bunun için

- Sınıfınızda gruplar oluşturunuz.
- Grubunuzda iş bölümü yapınız.
- Isı yalıtım yollarını araştırınız.
- Enerji tasarrufu sağlayan bir ısı yalıtım modeli tasarlayınız.

5.4.4. Hissedilen Sıcaklık ile Gerçek Sıcaklık Arasındaki Fark Nedir?

Termometre ile ölçülen sıcaklık gerçek sıcaklıktır. Gerçek sıcaklık ve hissedilen sıcaklık farklı olabilir mi? Hissedilen sıcaklık, termometrenin ölçtüğü güncel fiziksel hava sıcaklığından farklı olarak insan vücudunun hissettiği, algıladığı sıcaklıktır. Atmosfer içerisindeki su buharına **nem** denir. Havadaki su buharının kısmi basıncının aynı sıcaklıkta havayı doyuran su buharının kısmi basıncına oranı ise **bağıl nem** olarak tanımlanır. Bağıl nem havanın neme doyma oranıdır. Hissedilen sıcaklık özel bir kavramdır. İklimsel çevre, giysilerin ısı direnci, vücut yapısı ve kişisel durumdan etkilenir. Bağıl nem oranın artması hissedilen sıcaklığı arttırırken, rüzgârın artması basıncı düşüreceğinden hissedilen sıcaklığı azaltacaktır. Gölgede sıcaklık terimi, radyasyon (ışınım) hissedilen sıcaklığı değiştirmesiyle ortaya çıkar. Gölgede sıcaklık gerçek sıcaklık ile aynı olmasına rağmen direkt güneş ışığına maruz kalmış birinin hissedeceği sıcaklık daha fazla olacaktır. Dolayısı ile sıcaklığı algılama ve hissetme kişiden kişiye değişiklik gösterecektir.

Havadaki nem oranı özellikle sıcak havalarda hava sıcaklığını farklı hissetmemize sebep olur. Bunun için hava durumlarında havanın nem oranı bilgisini de takip etmeliyiz. Deniz kenarındaki şehirlerde havanın nem oranı yaz aylarında daha yüksektir.

Tablo 5.5'te gerçek sıcaklığın bağıl nem ile olan değişimi gösterilmektedir. Tabloda verilen değerler yardımıyla hava sıcaklığının bağıl nemle birlikte hissedilen sıcaklığa nasıl dönüştürüldüğü kolayca bulunabilir. Grafikteki sıcaklık değeri ile bağıl nem oranı değeri kesiştirilirse hissedilen sıcaklık bulunur. Örneğin hava sıcaklığı 35 °C iken nem %20 oranında ise hissedilen sıcaklık 33 °C'tur. Ancak hava sıcaklığı 35 °C iken nem oranı %50 olursa hissedilen sıcaklık 41 °C olur.

Tablo 5.5: Bağıl nem oranlarına göre hissedilen hava sıcaklığı değerleri

Bağıl Nem (%)

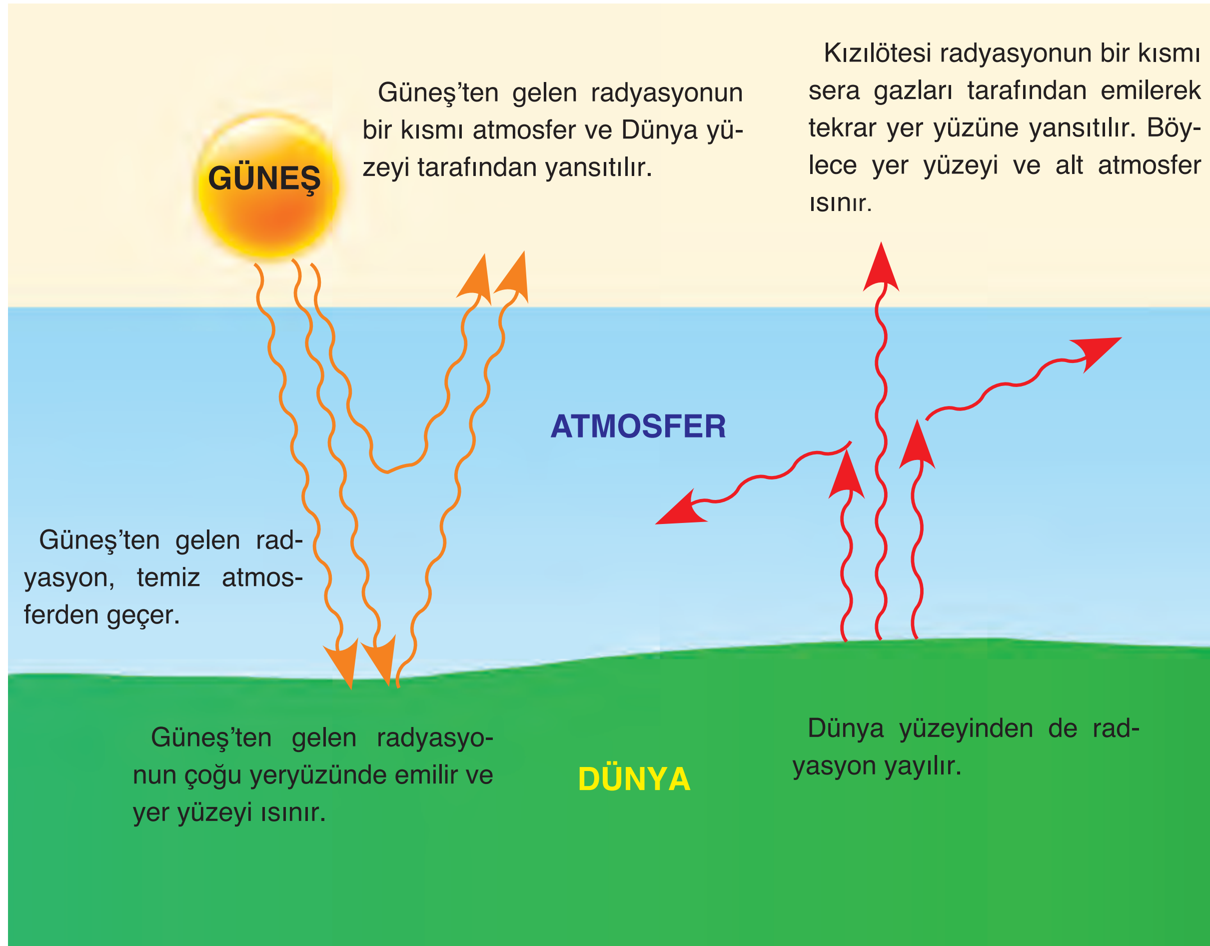
Hava Sıcaklığı (°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	99									
49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94									
48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96								
47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98							
46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	76	85	91	99						
45	41	43	45	48	52	56	60	65	70	76	82	88	96						
44	40	42	44	46	49	52	57	61	66	71	77	83	89	96					
43	39	40	43	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97				
42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	96			
41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96		
40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	
39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93
38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89
37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81
36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74
35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68
34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61
33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58
32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53
31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	36	37	38
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29
25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27

(–1) – 26	Soğuk – Serin	
27 – 32	Sıcak	Fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı hâlsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde birçok rahatsızlık meydana gelebilir.
33 – 41	Çok Sıcak	Fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte ısı çarpması, ısı krampları ve ısı yorgunlukları oluşabilir.
42 – 54	Tehlikeli Sıcak	Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği meydana gelebilir.
> 55	Tehlikeli Sıcak	Isı veya güneş çarpması tehlikesi oluşur. Termal şok an meselesidir.

http://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=hissedilensicaklik web adresinden alınmış verilerdir.

5.4.5. Küresel Isınma Olayının Nedenleri ve Ortaya Çıkardığı Etkiler

Dünya, üzerine düşen Güneş ışınlarından çok, Dünya'dan yansıyan Güneş ışınlarıyla ısınır. Dünya yüzeyine ulaşan ışınlar Dünya'dan yansıdıktan sonra başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulur. Bu gazlar, Güneş'ten gelen düşük frekanslı ve uzun dalga boylu kızılötesi ışınları emer (Görsel 5.27). Bu soğurma olayı, atmosferin ısınmasına yol açar. Bu etkiye, sera etkisi adı verilir. Bu durum özellikle geceleri Dünya'nın aşırı derecede soğumasını önlemekte ve gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkının aşırı bir şekilde artmasını engellemektedir. Hesaplamalara göre bu gazlar olmasaydı, Dünya'nın yüzey sıcaklığı şimdikinden 33 °C daha az olurdu.



Görsel 5.27: Küresel ısınmaya atmosferde artan sera gazlarının düşük frekanslı ve uzun dalga boylu ışınları fazlaca tutması neden olmaktadır.

Dengeli bir sera etkisinin Dünya için büyük önemi vardır. Sera gazlarının atmosferde artması, küresel ısınmaya neden olur. Günümüzdeki tehlike, karbondioksit ve diğer sera gazlarının miktarındaki artışın bu doğal sera etkisini şiddetlendirmesinde yatmaktadır. Binlerce yıldır Dünya'mızdaki karbon kaynakları kararlı kalırken, şimdi modern insanoğlu aktiviteleri, fosil yakıtların kullanımı, ormanların yok oluşu, aşırı tarım yapılması, atmosfere büyük miktarlarda karbondioksit ve diğer sera gazlarının salınmasına sebep olmaktadır.

Küresel ısınmaya atmosferde bulunan sera gazlarının neden olduğu düşünülür (Görsel 5.28).

Atmosfere salınan sera gazlarının miktarındaki artış sera etkisini arttırır. Bu durum ozon tabakasının incelmesine, Dünya'nın sıcaklığının artmasına, doğal dengenin bozulmasına neden olur.

Küresel ısınma, sera etkisiyle atmosferin periyodik olarak sıcaklığının artarak ısınması olup doğal bir süreçtir. İnsanların aktiviteleri sonucunda atmosfere, özellikle gazların girdileri arttığından etki giderek fazlalaşmaktadır.

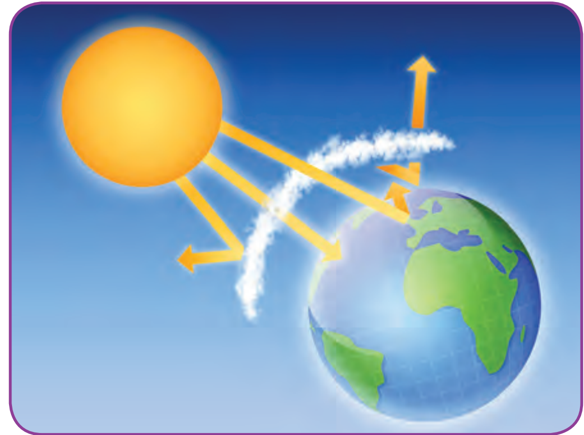
Sanayi devriminin ilk yıllarından itibaren atmosferdeki sera gazları bileşeni artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda kirlenme devam ettikçe Dünya'mızın ortalama sıcaklığı artacaktır. Bununla birlikte küresel iklim değişikliği ve küresel çevre etkileşimi ile atmosferde, ultraviyole (UV) radyasyonu yükselmekte, stratosferik ozon azalmakta ve atmosferdeki sera gazı miktarları yükselmektedir (Görsel 5.29).

İnsan eliyle oluşan bu durum ozon tabakasının incelmesine, Dünya'nın sıcaklığının artmasına ve doğal dengenin bozulmasına neden olur.

Küresel ısınmayı tek bir nedene bağlamak mümkün değildir. Nedenlerin çeşitli olması alınacak tedbirlerin de çeşitli olmasını gerektirmektedir. Öncelikle küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının atmosfere salınımı azaltılmalıdır. Bunun için fabrikaların bacalarına filtre cihazları takılmalı, fosil yakıt tüketimi azaltılarak yenilenebilir enerji kaynakları ve yalıtım konusunda halk bilgilendirilmelidir (Görsel 5.30). İnsanın çevreye karşı sorumluluğu kendisini ve kendisinden sonraki nesilleri düşünerek davranmasını gerektirir. Bu nedenle üretim yapılarak ekonomik güçlenmeye katkıda bulunurken çevre için kalıcı yıkıcı sonuçların ortaya çıkmasına neden olunmamalıdır. Daha az enerji tüketen A+ enerji etiketli ürünler tercih edilmelidir. Karbondioksit gazının atmosferdeki oranını azaltmak için yeşil bitki örtüsü artırılmalı, bu konuda çalışma yapan kuruluşlar desteklenmelidir.

Küresel ısınmanın Dünya iklim sisteminde köklü değişimlere yol açabileceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınmayla birlikte Dünya'nın değişik yerlerinde, çok değişken hava olayları yaşanacaktır.

Görsel 5.28: Küresel ısınmaya neden olan gazlardan birisi de CO_2 gazıdır.



Görsel 5.29: Atmosferdeki ozon tabakasının incelmesinden dolayı güneş ışınlarının yerküre üzerindeki sera etkisi artmaktadır.

Görsel 5.30: Fabrika baca gazları küresel ısınmaya neden olmaktadır.

İklimler arası farklılıklar çok büyük olacak ve iklimler genellikle daha sert bir hâle gelecektir. Artan fırtınalar ve yağışlarla birlikte ortalama deniz seviyesi yükselecek, bunun sonucunda sel felaketleri yaşanacaktır (Görsel 5.31).

Küresel ısınma ile meydana gelen deniz suyunun ısınması nedeniyle buzullarda erimeler üst seviyelere ulaşacaktır (Görsel 5.32). Bu durum kıyılarda toprak kaybına neden olacaktır.

Görsel 5.31: Son yıllardaki iklim değişiklikleri sonucu sel felaketlerinde artış yaşanmaktadır.

Görsel 5.32: Küresel ısınma sonucu buzullar hızla erimektedir.

Küresel ısınma her şeyi etkilediği gibi insan ve diğer canlıların hayatlarını olumsuz yönde etkileyecektir. Küresel ısınmanın kalp, solunum yolu hastalıkları, bulaşıcı, alerjik hastalıklar gibi birçok hastalığa neden olacağı tahmin edilmektedir.

Bilim insanlarına göre kuraklık, seller, fırtınalar gibi hava olayları ve afetler insanlarda psikolojik rahatsızlıklara yok açacaktır. Tatlı su kaynaklarındaki azalma ve sıcaklığın artması, kolera tipi hastalıkları artıracak ve yaygınlaştıracak, sıcaklıkla birlikte tarım bitkilerinde görülen hastalıklarda da artışlar olacaktır.

İnsan kaynaklı iklim değişikliği büyük ve çok derin etik sorunlar ortaya çıkarmasına rağmen, iklim değişimi politikalarıyla ilgili tartışmalarda maalesef konunun bu yönü yeterince ele alınmıyor. Küresel iklim değişiminin birincil sorumlularıyla, değişimin kötü etkilerine karşı zayıf ve savunmasız kalanlar aynı kişiler değil. İklim değişimine karşı pratik ve uygulanabilir bir çözüm bulunması için bu problemi adil bir yaklaşımla ele almak gerekir. Fakat iklim değişimine karşı politikalar konuşulurken konu çoğunlukla, sadece bilim yönünden ve ekonomik yönden ele alınıyor. Etik ve ahlaki yönü ihmal veya örtbas ediliyor.

Küresel iklim değişimiyle mücadelede, bireylerin dikkatinin problemin ahlaki ve etik yönüne de çekilmesi gerekiyor. İnkâr edilemeyecek kadar açık ve çok sayıda gerçek ortadayken sırf kendi egomuzu tatmin etmek adına bugün iklim değişikliğini inkâr etmek, mücadelede başarısız olmak, her türlü etik ve ahlaki değere ters düşerek torunlarımıza da zarar vermek demektir.

Daha önceki yıllarda da küresel ısınmanın olası etkilerinden bahsedilirken günümüzde artık bu etkinin tahmin edilenden çok daha erken tarihlerde gerçekleşeceği konuşulmaktadır. Gerekli önlemler alınır, insanlar bilgilendirilir ve bu konuda bilinçlendirilirse küresel ısınmanın hızının yavaşlatılabileceği birçok uzmanın ortak görüşüdür.

Küresel ısınma etkisiyle Dünya'mızda olabilecek felaketlerin her biri insan hayatını bire bir ilgilendiren ciddi meselelerdir. Ülkemizde ve diğer ülkelerdeki küresel ısınma etkilerini takip etmeli, bu konuda birey ve toplumları, bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Atatürk'ün aşağıdaki sözünü de unutmamalıyız: "Felaket başa gelmeden evvel, koruyucu ve önleyici tedbirleri düşünmek lazımdır. Geldikten sonra dövünmenin yararı yoktur."

Varlığımızla her birimiz yaşadığımız çevreyi ve Dünya'mızı etkilemekteyiz. Bu nedenle küresel düşünmek zorundayız ve bu bizler için geçerli tek akıllı yoldur. Bütün canlı ve cansızlarıyla yeryüzünün ekolojisini gözetmek zorundayız. Değerlerimizin odağında küçük bir yeryüzünde geniş bir aile olarak hepimizin yaşadığı düşüncesi yer almalıdır. Tüm insan değerleri insanın iyiliğini ve mutluluğunu amaçlamalı, bunun için yapılması gerekenleri yansıtmalıdır. Çünkü yeryüzü dışında hiç değilse şimdilik gidecek başka bir yerimiz yok ve varoluşumuzun bu müthiş yanını değiştiremeyecekmişiz gibi görünüyor.

Kimse insanlığın ya da gezegenimizin kaderini kesin olarak önceden göremez, bilemez ve tahmin edemez. Ancak gezegenimizdeki yaşam koşullarını etkileyebildiğimiz oranda her birimiz küresel değerleri bilmek ve bu değerlere göre davranmak sorumluluğunu taşımalıyız.

Proje

Küresel ısınmaya karşı alınacak tedbirleri araştırınız ve buna yönelik bir proje hazırlayınız. Araştırma sonucunda geliştirdiğiniz projenizi poster, broşür veya elektronik sunu ile sınıf içerisinde tanıtınız.

Süreci Değerlendirelim 5-3

Aşağıda yay ayraçların içindeki boşluklara verilen cümle doğru ise ''D'' yanlış ise ''Y'' yazınız.

1) ( ) Isı enerjisinin bir tanecikten diğerine çarpmalar sonucunda aktarılmasına ısının iletim yolu ile yayılması denir.

2) ( ) Katı bir maddede tanecikler arası uzaklık arttıkça maddenin ısı iletim kalitesi düşer.

3) ( ) Akışkanlardaki taneciklerin yer değiştirmesi sonucunda kendilerinin giderek ısıyı aktarmasına konveksiyon ile yayılma denir.

4) ( ) Kalorifer peteğinin odayı ısıtması ısının yalnızca konveksiyon ile yayılması sonucu gerçekleşmektedir.

5) ( ) Isının yayılması için maddesel ortama gereksinim yoktur.

6) ( ) Termosların iç ve dış yüzeylerinin parlak olması konveksiyon akımlarını önlemek içindir.

7) ( ) Isı iletim hızı arttıkça ısı kaybı azalır.

8) ( ) Ortamlar arasındaki temas yüzeyinin artması ısı iletim hızını azaltır.

9) ( ) Atmosferdeki bazı gazların yüksek dalga boylu ışınları emerek tutması sonucunda atmosferin ısınmasına sera etkisi denir.

10) ( ) Sera gazlarının atmosferde artması küresel ısınmaya neden olur.

5.5. GENLEŞME

5.5.1. Katı ve Sıvılarda Genleşme ve Büzülme

Tren yollarında raylar döşenirken aralarında boşluklar bırakılır (Görsel 5.33). Demir köprüler inşa edilirken altlarına demir makaralar yerleştirilir ve ek yerlerinin birbirine değmemesine dikkat edilir (Görsel 5.34).

Görsel 5.33: Raylar döşenirken aralarında boşluk bırakılır.

Telefon ve elektrik telleri yazın sarkık, kışın gergindir. Termometre haznesi içindeki bir sıvının sıcaklığı artırıldığında seviyesi yükselir. Bu olayların nedenlerini hiç düşündünüz mü?

Bu olayları açıklayabilmek için bir maddenin ısıtıldığında veya soğutulduğunda nasıl davrandığını bilmek gerekir. Isı alan bir cismin taneciklerinin kinetik enerjisi artarken tanecikler arası çekim kuvveti azalır ve tanecikler yavaş yavaş birbirinden uzaklaşmaya başlar. Yani cismin boyutlarında artış meydana gelir. Bu olaya genleşme denir. Cismin ısı vererek boyutlarının azalması olayına da büzülme denir. Genleşme, maddenin tüm hâllerinde görülen bir özelliktir. Bazı istisnalar dışında, ısıtılan her madde az veya çok genleşir.

Görsel 5.34: Demir köprülerin ek yerlerinde boşluk bırakılır.

Maddelerin genleşmesi ya da tersine büzülmesi sırasında büyük kuvvetlerin ortaya çıkması, tren raylarında, köprü gibi yapılarda hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle tren raylarının eklenti yerlerinde boşluklar bırakılır, köprüler demir makaralar üzerine oturtulur. Çevremizdeki bu tür yapıları gözlemleyerek genleşme ile ilgili birçok örnek bulabiliriz.

Genleşme katı maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Katı maddelerin ısıtıldıklarında genleştiklerini, metal çiftlerini ve Gravzant halkası adlı düzeneği kullanarak gözlemleyebilirsiniz.

Katılarda genleşme olayını Deney 5-6’yı yaparak inceleyelim.

Deney 5-6

Katılarda Genleşme

Deneyin Uygulanışı

1. Resim 1'deki düzeneği kurunuz. Bir ucu sabitlenen metal çiftinin uç tarafını ispirto ocağı ile ısıtınız. Metal çiftinde oluşan değişimi gözlemleyiniz.

2. Küreyi halkadan geçirmeyi deneyiniz.

3. Küreyi ısıtınız (Resim 2).

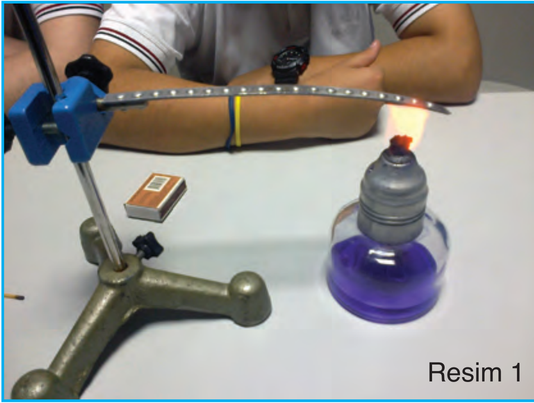
4. Isıtılmış küreyi halkadan geçirmeyi deneyiniz.

5. Beherglasa yarısına kadar musluk suyu doldurunuz.

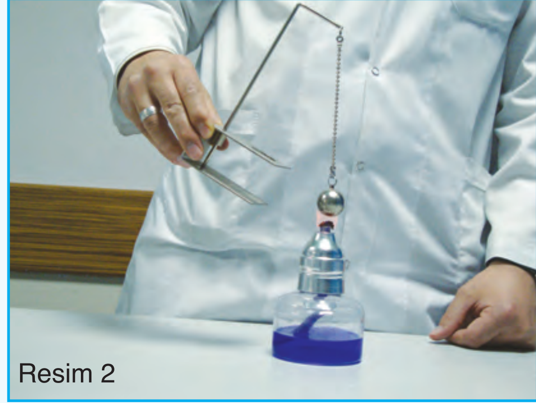
6. Sıcak demir küreyi bir süre beherglastaki su içinde beklettikten sonra tekrar halkadan geçirmeye çalışınız.

Araç ve Gereçler

- Metal çifti
- Beherglas (400 mL)
- Üçayak ve destek çubuğu
- İkili bağlama parçası
- Gravzant halkası
- Isıtıcı (ispirto ocağı veya bunzen beki)
- Su
- Kibrit



Resim 1



Resim 2

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Metal çiftinde ne gibi değişimler gözlemlediniz? Metal çiftinin genleşme özelliğinden nerelerde yararlanılabilir?

2. Gravzant halkasındaki demir küre ısıtılınca halkadan geçti mi? Neden?

3. Küreyi soğuk suya neden batırdık? Batırdıktan sonra küre halkadan geçti mi?

Deney 5-6'da gördüğünüz gibi katı cisimler ısıtılınca genleşir ve boyutlarında değişimler yaşanır. Gravzant halkasındaki kürenin ısıtıldıktan sonra halkadan geçmemesi genleşmenin sadece tek boyutta meydana gelen bir olay olmadığını gösterir. Katılar boyca, yüzeyce ve hacimce genleşebilir.

Katıların boyca uzama miktarı katının cinsine, uzunluğuna ve sıcaklıktaki artışa bağlıdır. L_0 uzunluğundaki katının sıcaklığı Δt°C artırıldığında boyundaki uzama miktarı ΔL olsun. Deney sonuçlarına göre ΔL; L_0 ve Δt ile doğru orantılıdır. ΔL ayrıca katının cinsine bağlıdır. Buna göre

$$\Delta L = L_0 \cdot \lambda \cdot \Delta t$$

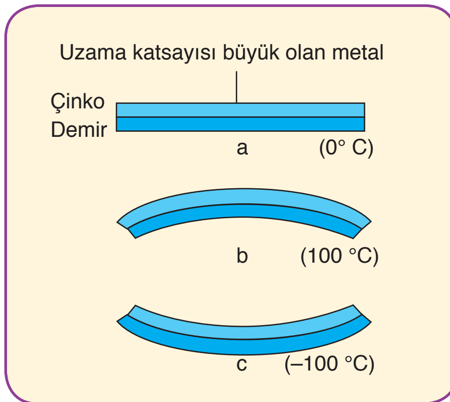
yazılabilir. Burada λ katı maddenin cinsine bağlı bir sabit olup uzama katsayısı (ya da boyca genleşme

katsayısı) olarak adlandırılır. Uzama katsayısı, bir maddenin birim uzunluğunun (örneğin, 1 cm'sinin) sıcaklığını 1 °C artırdığımızda boyundaki uzama miktarıdır. Uzama katsayısının SI birimi 1/K'dır. Sıcaklık °C birimi ile ölçülürse λ'nın birimi 1/°C'tur. Tablo 5.6'da bazı katıların boyca uzama katsayıları verilmiştir. İnceleyiniz.

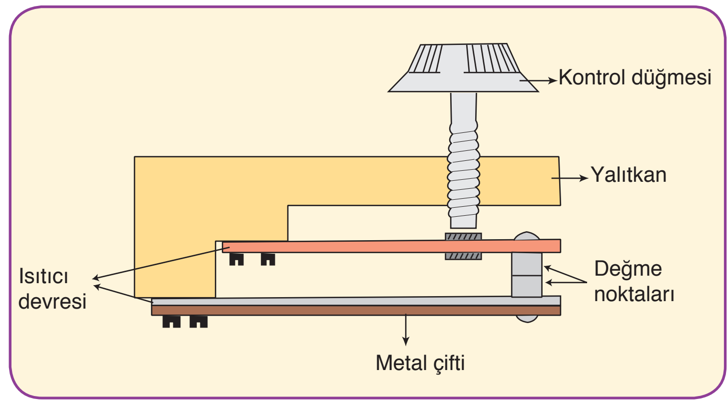
Tablo 5.6: Bazı katıların boyca uzama katsayıları

Madde	Boyca Uzama Katsayısı (1/ °C)
Platin	$9 \cdot 10^{-6}$
Cam	$9 \cdot 10^{-6}$
Çelik	$11 \cdot 10^{-6}$
Beton	$12 \cdot 10^{-6}$
Demir	$12 \cdot 10^{-6}$
Bakır	$17 \cdot 10^{-6}$
Gümüş	$19 \cdot 10^{-6}$
Alüminyum	$25 \cdot 10^{-6}$
Kurşun	$29 \cdot 10^{-6}$

Termostat denen düzeneklerde metal çiftleri kullanılır. Elektrikli şofben, ütü, evlerdeki radyatör türü ısıtıcılar vb. termostatlı araçlardır. Metal çiftleri, genleşmeleri farklı, aynı uzunluktaki iki metal şeridin birbirine perçinlenmesiyle elde edilir. Metal çifti ısıtıldığında ısınan metallerden biri diğerinden fazla uzayarak diğerinin üstüne doğru bükülür (Görsel 5.35). Soğutulan metal çiftinde ise tam ters yönde bükülme görülür. Bu hareket belirli bir sıcaklığa gelen metallerin bükülerek devreyi kapatması için kullanılır. Metal çifti kullanılarak yapılan termostatlar (Görsel 5.36), sıcaklığı kontrol altına alarak sabit bir değerde tutmak için kullanılmaktadır.



Görsel 5.35: Bir metal çiftinin
a. ısıtılmadan önceki
b. ısıtıldığında
c. soğutulduğunda aldığı durum



Görsel 5.36: Elektrikli ütü termostatı

Bir metal levha ısıtılırsa hem enine hem de boyuna uzar. Metalin yüzeyi artar. Bu olaya yüzeyce **genleşme** denir. Bir katının 1 °C sıcaklık artışına karşı birim yüzeyindeki artış miktarına yüzeyce genleşme katsayısı denir ve α ile gösterilir. Yüzeyce genleşme katsayısı yaklaşık olarak boyca uzama katsayısının iki katına eşittir.

Metalin yüzeyce genleşme miktarı, metalin ilk yüzey büyüklüğü (A_0), sıcaklık değişimi (Δt) ve metalin cinsine (α) bağlı olarak aşağıdaki matematiksel modelle hesaplanabilir.

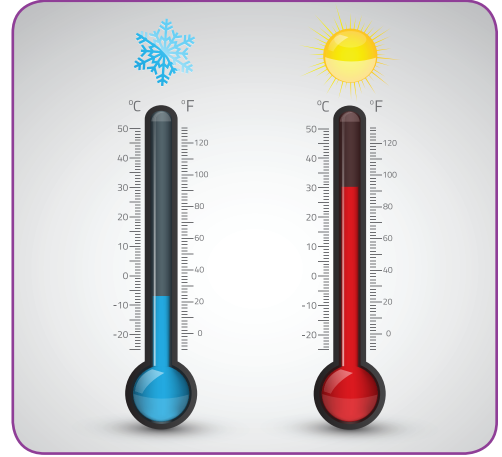
$\triangle A = A_0 \cdot \alpha \cdot \triangle t$

Üç boyutlu bir cisim ısıtılırsa cismin eni, boyu ve yüksekliği artar. Bu olaya hacimce genleşme denir. İlk hacmi V_0 olan bir katının sıcaklığı Δt °C artırılırsa hacmindeki artış ΔV, aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir.

$\triangle V = V_0 \cdot \beta \cdot \triangle t$

Bu formülde β (beta) hacimce genleşme katsayısı olup değeri yaklaşık 3λ'ya eşittir.

Katılar gibi sıvılar da ısı aldığında genleşir ve hacimleri artar. Isı kaybettiklerinde ise büzülür ve hacimleri azalır. Termometreler sıvıların genleşme özelliklerinden yararlanılarak yapılan aletlerdir (Görsel 5.37). Termometre haznesindeki sıvının sıcaklığının artırılması, sıvının kılcal boruda yükselmesine neden olur. Bunun sebebi ısıtılan sıvının hacminin artması yani genleşmesidir.



Görsel 5.37: Termometre, sıvıların ısı ile orantılı olarak genleşmesinden yararlanılarak yapılmıştır.

Sıvılar sadece hacimce genleşir. Bir sıvının birim hacminin sıcaklığı 1 °C artırıldığında hacimdeki artışa sıvının hacimce genleşme katsayısı (β) denir. Hacimce genleşme katsayısı sıvılar için ayırt edici özelliktir. Bir sıvının başlangıçtaki hacmi V_0, genleşme katsayısı β olmak üzere genleşme miktarı aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir.

$\triangle V = V_0 \cdot \beta \cdot \triangle t$

Suyun Genleşmesi

Kışın göller neden yüzeyden itibaren donmaya başlar? Bardağınızdaki suya buz attığınızda buz neden batmaz? Kuzey kutbundaki buz dağlarının denizde yüzmesinin nedeni ne olabilir (Görsel 5.38)? Bu soruların cevabı suyun genleşme özelliğinin diğer sıvılardan farklı olmasıyla ilgilidir.

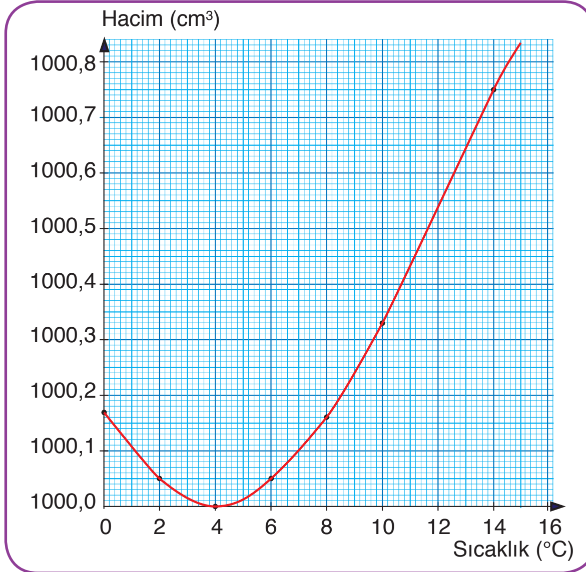
Görsel 5.38: Buz dağları su üzerinde yüzmektedir.

Tüm sıvılar soğutulduklarında hacimleri sürekli küçülür. Suyun hacmi ise farklı olarak belirli bir sıcaklığa (+4 °C'a)

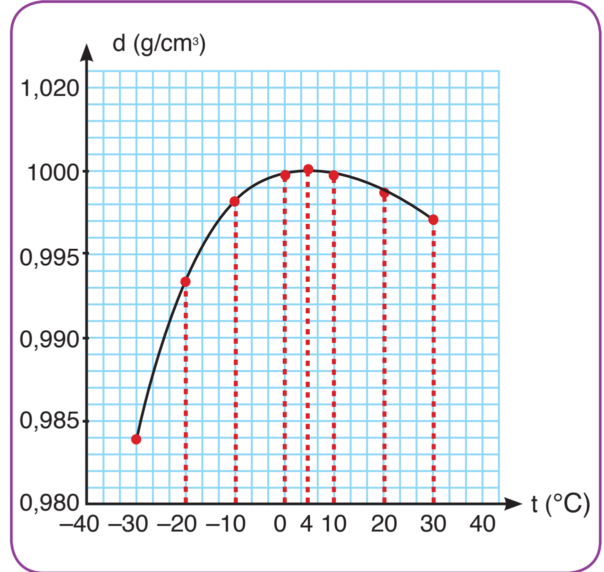
düşene kadar azalır, daha sonra tekrar artmaya başlar (Tablo 5.7). Bu nedenle suyun hacminin en küçük olduğu sıcaklık +4 °C'tur (Görsel 5.10). Su en küçük hacme +4 °C'ta sahip olduğu için bu sıcaklık aynı zamanda suyun özkütlesinin en büyük olduğu sıcaklıktır (Şekil 5.11).

Tablo 5.7: Suyun değişik sıcaklıklardaki özkütleleri

Sıcaklık	Özkütle (g/cm³)
100	0,9584
80	0,9718
60	0,9832
40	0,9922
30	0,9957
20	0,9982
10	0,9997
4	1,0000
0	0,9997
–10	0,9982
–20	0,9935
–30	0,9835



Şekil 5.10: 1 litre suyun değişik sıcaklıklardaki hacmi



Şekil 5.11: Suyun özkütle-sıcaklık grafiği

Suyun genleşmesinde görülen bu düzensizliğin önemli sonuçları vardır. Genel olarak tüm katı maddeler kendi sıvısından daha yoğun olduğu için batar. Ancak buzun özkütlesi sudan küçük olduğu için suyun dibine batmayıp su üstünde yüzer. Bu olay Dünya'mızdaki yaşamın devamı için çok önemlidir. Suyun bu özelliği, yaşamın kış aylarında ya da her zaman soğuk olan bölgelerde sudaki yaşamın devam

etmesine olanak tanır. Deniz, nehir ve göllerde donan su, özkütle farkından dolayı üstte kalır. Derinlerdeki suyun sıcaklığı +4 °C civarında olduğundan su içindeki canlılar yaşamlarını sürdürmeye devam edebilir. Göller yüzeyden itibaren donduğu için buz tabakasının altında yaşam devam eder. Bu nedenle insanlar buz tabakasını kırıp balık avlayabilmektedir (Görsel 5.39).

Görsel 5.39: Buz tutan gölde balık avlayan adam

Eğer su da diğer sıvılar gibi donarken büzülseydi deniz ve göller dipten itibaren donmaya başlardı. Bir kere donduktan sonra da bir daha eriyemezdi. Böylece denizlerdeki yaşam sona erdiği gibi karalardaki yaşam da sona ererdi.

Suyun genleşmesindeki düzensizliğin olumsuz yönleri de vardır. Örneğin soğuk bölgelerde arabalardaki suyun içine antifriz konulur. Aksi hâlde su donar ve hacmi artar. Bu durum radyatörün ve motor gövdesinin çatlamasına neden olur. Uzun süre buzdolabının dondurucu kısmında kalan içi su dolu cam şişeler içindeki suyun hacim genişlemesinden dolayı kırılır.

Suyun öz ısısı 0-100 °C arasında hemen hemen hiç değişmezken su donup katı faza dönüşünce öz ısısı düşmektedir. Buzun sıcaklığı düştükçe öz ısısı da düşmektedir. Ayrıca buz ısıyı suya göre yaklaşık 4 kat daha iyi iletmektedir. Bu durum, buzun suya göre daha hızla ısınıp soğuyabildiğini gösterir. Dolayısıyla gıdaların donma ve çözülme hızlarındaki farklılık, buzun ve suyun ısı iletkenliklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Araştıralım – Tartışalım

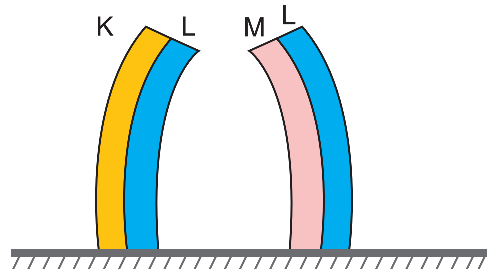
Katı ve sıvıların genleşmesinin ve büzülmesinin günlük hayatta oluşturduğu avantaj ve dezavantajların neler olduğunu araştırarak sınıf ortamında tartışınız.

Araştıralım

Suyun da çoğu sıvı gibi donarken hacmi azalsaydı göl ve denizlerde meydana gelen değişimlerden başka hangi sonuçları olurdu? Araştırarak elde ettiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

Örnek

Şekildeki K-L ve M-L metal çiftleri ısıtıldığında doğrusal hâle geliyor. Buna göre metallerin boyca uzama katsayıları λ_K, λ_L, λ_M arasında nasıl bir ilişki vardır?



Çözüm

K-L metal çiftinde L'nin boyu daha kısadır. Isıtıldıklarında doğrusal hâle gelmeleri son boylarının eşit olması demektir. Bu durumda L daha çok uzamıştır. $\lambda_L > \lambda_K$dir.

M-L çiftinde M daha çok uzadığı için $\lambda_M > \lambda_L$dir. Üç metalin uzama katsayıları arasındaki ilişki şu şekildedir: $\lambda_M > \lambda_L > \lambda_K$

Süreci Değerlendirelim 5-4

Aşağıdaki cümlelerde bulunan noktalı yerlere kutucuklarda verilen sözcüklerden uygun olanını yazınız.

metal	çekim kuvveti	genleşme	hacim
özkütle	azalma	artma	metal
soğutulma	katı	termostat	gazlar

1) Isı alan maddenin taneciklerinin kinetik enerjisi artarken tanecikler arası .... azalır.

2) Sıcaklık artışı sonucunda bir maddenin taneciklerinin birbirinden uzaklaşması dolayısıyla boyutlarının artmasına .... denir.

3) Genleşme .... maddeler için ayırt edici özelliktir.

4) Miktarı ve basıncı sabit tutulan bütün .... aynı sıcaklık değişiminde eşit miktarda genleşirler.

5) Elektrikli şofben, ütü, evlerdeki radyatör türü ısıtıcılar içlerinde .... bulunduran araçlardır.

6) Sıcaklığı kontrol altına alarak sabit bir değerde tutmak için kullanılan termostatlarda .... çifti bulunur.

7) Sıcak hava balonlarının yükselmesinde balonda genleşen havanın .... değerinin azalması sağlar.

8) Suyun yüzeyden donması +4 °C'tan 0 °C'a soğutulurken özkütlesinin .... göstermesinin sonucudur.

9) +4 °C'ta su molekülünde .... en küçük değerindedir.

10) Sıvılar genel olarak .... sonucunda hacimleri küçüldüğünden kendi katılarını yüzdüremezler.

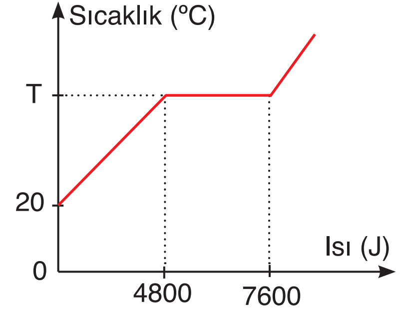
5. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

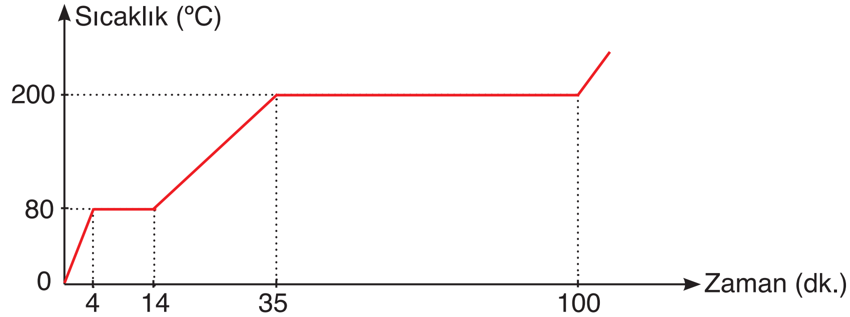
1) İç enerji, ısı ve sıcaklık kavramları arasında nasıl bir ilişki vardır?

2) Çok düşük ve çok yüksek sıcaklıkları ölçmek için ne tür termometreler kullanmak gerekir?

3) Saf bir katının sıcaklık-ısı değişimi grafikteki gibidir. Katının öz ısısı 1 J/g°C, erime ısısı 70 J/g olduğu bilinmektedir. Bu bilgilerle katının erime sıcaklığı (T) bulunabilir mi?



4)



Grafik 10 g arı X katısının dakikada 100 kalori veren bir ısıtıcı ile ısıtılmasına ilişkin sıcaklık-zaman değişimini göstermektedir. Buna göre bu maddenin katı hâldeki öz ısısı, sıvı hâldeki öz ısısı, erime ısısı ve buharlaşma ısısı niceliklerinden hangileri bulunabilir?

5) Aşağıdaki soruları verilen tabloyu kullanarak yanıtlayınız.

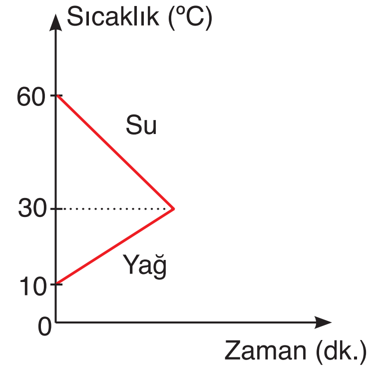
Madde	Erime noktası (°C)	Kaynama noktası (°C)
X	–38,4	357
Y	–7,2	58
Z	–219,0	–183
L	98,0	892
R	44,2	280

a) Bu maddelerden hangileri 0 °C'ta katı hâldedir?

b) Bu maddelerden hangileri 25 °C'ta sıvı hâldedir?

c) Bu maddelerden hangileri 100 °C'ta gaz ya da buhar hâlindedir?

6) Şekilde grafik m gram su ile 3m gram yağın karıştırılmasına ilişkin sıcaklığın zamanla değişimini göstermektedir. Grafikteki değerlere göre sıvıların öz ısı değerlerinin büyüklüklerini karşılaştırınız.

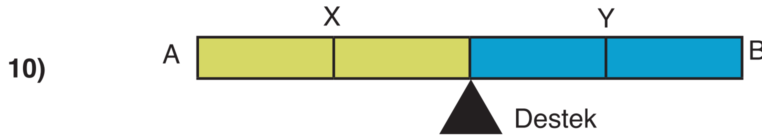


7) Bir miktar su içine sıcaklığı sudan yüksek olan bir metal parçası atılıp bir süre bekleniyor. Su ve metalin son sıcaklıkları, ısı alışverişleri hakkında ne söyleyebilirsiniz?

8) Gerçek sıcaklık ve hissedilen sıcaklık ne demektir? Açıklayınız. Hissedilen sıcaklık hangi faktörlerden etkilenir?

9) Sera etkisi ve küresel ısınma ne demektir? Küresel ısınmanın nedenleri nelerdir?

10)



Şekildeki AB metal çubuğu X ve Y metallerinden oluşmuştur. X ve Y metallerinin uzunlukları ve kütleleri eşittir. Uzama katsayıları $\lambda_X > \lambda_Y$ dir. Destek üzerinde dengede olan bu sistem

a) Daha sıcak bir yere

b) Daha soğuk bir yere

götürüldüğünde denge bozulur mu? Açıklayınız.

11) Suyun genleşmesinde görülen düzensizliğin ne tür yararları vardır? Açıklayınız.

12) Kalorifer peteklerinin geniş olmasının arabalarda radyatör düzeneği veya buzdolabı gibi cihazların peteklerinin geniş ve oluklu kanallar biçiminde tasarlanmasının nedeni ne olabilir? Açıklayınız.

B. Aşağıda verilen cümlelerde boş bırakılan yerleri kutu içerisindeki kelimelerden uygun olanı ile tamamlayınız.

büyük	metal	kinetik	Fahrenheit	doğal sera gazları
konveksiyon	genleşme	sıvılı	joule	potansiyel
ısı	ısı yalıtımı	öz ısı	erime	ısı sığası

1) Sıcaklık, maddeyi oluşturan taneciklerin ortalama .... enerjisiyle orantılı bir büyüklüktür.

2) Sıcaklık farkından dolayı aktarılan enerji türüne ....denir.

3) Suyun donma noktasını 32 olarak kabul eden termometre .... termometresidir.

4) Çok yüksek sıcaklık değerlerini ölçmek için .... termometreler kullanılmaz.

5) SI birim sistemine göre ısı birimi ....

6) Birim kütlenin sıcaklığını 1 °C değiştiren ısıya .... denir.

7) Katı hâlden sıvı hâle geçme olayına .... denir.

8) Suyun öz kütlesi +4 °C'ta en ....

9) Kömür sobası odayı etkin olarak.................................... yoluyla ısıtır.

10) Pencerelerin çift camlı olması .... sağlar.

11) Bardağa dökülen sıcak çayın bardağı çatlatmasının nedeni ....

12) Atmosferde bulunan su buharı, CO_2, CH_4 ve O_3 ....olarak bilinmektedir.

C. Aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) ( ) Bir maddenin hâl değiştirmesi için kesinlikle ısı alması gerekir.

2) ( ) Işıma yoluyla ısı aktarımı için maddesel bir ortama ihtiyaç yoktur.

3) ( ) 30 °C'taki su ile 70 °C'taki suyu karıştırdığımızda karışımın sıcaklığı 69 °C olabilir.

4) ( ) Tahta, metale göre ısı iletimini daha uzun sürede tamamlar.

5) ( ) Yemek karıştırırken tahta kaşık kullanılmasının sebebi ısı iletiminin engellenmesidir.

6) ( ) Metal çiftleri, metallerin farklı genleşmelerinden yararlanılarak yapılır.

7) ( ) Gazların genleşme katsayıları birbirine eşittir.

8) ( ) Hissedilen sıcaklık ile gerçek sıcaklık her zaman birbirine eşittir.

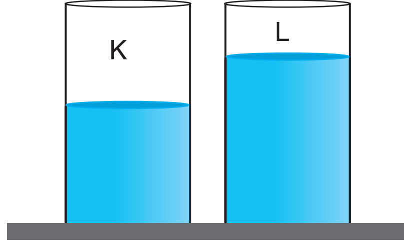
9) ( ) Genleşme katsayısı katı, sıvı ve gazlar için ayırt edici özelliktir.

10) ( ) Yangın alarm düzeneğinde metal çifti bulunur.

11) ( ) Sera gazlarının atmosferde artması küresel ısınmaya neden olur.

Ç. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1)



Şekildeki K ve L kaplarında sıcaklıkları birbirine eşit olan aynı tür sıvı vardır.

K'deki sıvının kütlesi L'deki sıvının kütlesinden daha küçük olduğuna göre bu sıvıların

I. Moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi,

II. Moleküllerinin ortalama hızları,

III. İç enerjisi

niceliklerinden hangisi ya da hangileri birbirine eşittir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

2)

Madde	Kütle	Verilen Isı (cal)	Δt (°C)
X	2m	Q	t/2
Y	m	Q	t
Z	3m	3Q	3t

X, Y, Z katılarının ısıtılmasına ilişkin bilgiler yukarıda verilmiştir. Buna göre aşağıdaki yargılardan hangisi doğrudur?

A) Hepsi aynı maddedir.

B) Hepsi birbirinden farklıdır.

C) X ile Y aynı olabilir, Z farklı maddedir.

D) X ile Z aynı olabilir, Y farklı maddedir.

E) Y ile Z aynı olabilir, X farklı maddedir.

3) Suyun donma noktasını 40 °X olarak gösteren bir X termometresi, sıcaklığı 50 °C olan bir maddenin sıcaklığını 70 °X olarak gösteriyor.

Buna göre bu termometre, sıcaklığı 80 °C olan bir maddenin sıcaklığını kaç °X gösterir?

A) 80 B) 86 C) 88 D) 90 E) 98

4)

Madde	Erime Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)
X	–10	110
Y	–20	95
Z	10	85

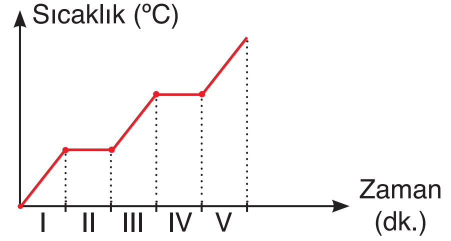
Tabloda X, Y ve Z maddelerinin erime ve kaynama noktaları verilmiştir.

Buna göre -15 °C ile 90 °C arasındaki sıcaklık değişiminde hangi madde ya da maddelerin katı, sıvı ve gaz hâllerinin üçü de gözlenir?

A) Yalnız X B) Yalnız Z C) X ve Y D) Y ve Z E) X ve Z

5) Bir maddenin sıcaklık-zaman grafiği şekildeki gibi verilmiştir.

Buna göre, hangi zaman aralığında maddenin bir kısmı katı, bir kısmı sıvı hâldedir?



A) I B) II C) III D) IV E) V

6)

I. Donma noktasındaki bir sıvı

II. Kaynama noktasındaki bir sıvı

III. Erime noktasındaki bir katı

Yukarıdaki madde hâllerinin hangisi ya da hangilerinde bir miktar ısı kaybedilince hâl değişimi gözlenir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

7) Sıcaklıkları farklı olan X ve Y maddeleri, birbirine dokunacak biçimde konulunca X'in sıcaklığı artmakta, Y'nin sıcaklığı ise değişmemektedir. Buna göre

I. X maddesinin iç enerjisi artmaktadır.

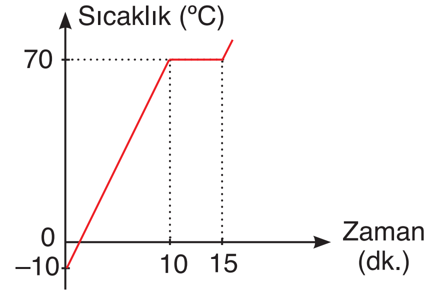
II. Y maddesi hâl değiştirmektedir.

III. Y maddesi başlangıçta katı hâldedir.

yargılarından hangisi ya da hangileri **kesinlikle** doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

8) 20 °C'ta sıvı hâlde bulunan K maddesinin sıcaklık-zaman grafiği şekildeki gibidir. Grafiğe göre aşağıdakilerden hangisi **yanlıştır**?



A) 10. dakikada K maddesi sıvıdır.

B) K'nin kaynama noktası 70 °C'tur.

C) K'nin donma noktası 0 °C'tur.

D) K maddesi 5 dakikada sıvı hâlden gaz hâline geçmiştir.

E) K'nin erime sıcaklığı –10 °C olabilir.

9) Aşağıdaki ifadelerden hangisi **yanlıştır**?

A) Isının iletim ve konveksiyon yoluyla yayılması için maddesel ortam gerekir.

B) Güneş enerjisi Dünya'ya ışıma yoluyla ulaşır.

C) Koyu renkli yüzeyler daha fazla ışıma yapar.

D) Isı, sıcaklığı yüksek olan ortamdan düşük olan ortama doğru akar.

E) Işıma etkisinden korunmak için açık renkli giysiler giyilmelidir.

10)

Madde	Aldığı Isı	Son Sıcaklık
K	2Q	2t
L	Q	2t
M	2Q	3t

Şekildeki tabloya göre ilk sıcaklıkları t olan K, L ve M maddeleri için

I. L ve M aynı maddedir.

II. K'nin ısı sığası, L ve M'ninkinden büyüktür.

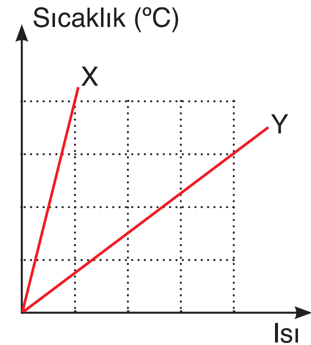
III. Eşit ısı verildiğinde en çok K'nin sıcaklığı artar.

yargılarından hangisi ya da hangileri kesinlikle doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

11) X ve Y maddelerinin sıcaklık-ısı grafikleri şekildeki gibi verilmiştir.

(Bölmeler eşit aralıklıdır.)



Buna göre aşağıdaki seçeneklerden hangisi **yanlıştır**?

A) Aynı ısı verildiğinde X'in sıcaklığı Y'den daha çok değişir.

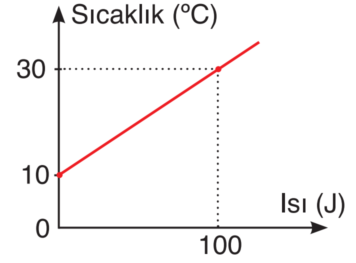
B) Aynı miktar ısı verildiği anda sıcaklıkları eşit miktarda değişir.

C) Kütleleri eşitse X'in öz ısısı daha küçüktür.

D) Öz ısıları eşitse Y'nin kütlesi daha büyüktür.

E) X ve Y'nin ısı sığaları farklıdır.

12) Kütlesi 10 g olan bir X maddesinin sıcaklık-ısı grafiği şekildeki gibidir. Bu grafiğin eğimi neyi verir?



A) X'in öz ısısını

B) X'in sıcaklığındaki değişmeyi

C) X'in ısı kapasitesini

D) X'in aldığı ısı miktarını

E) X'in erime ya da buharlaşma ısısını

13) Aşağıdaki olaylardan hangisi küresel ısınmayı artırıcı bir faktör **değildir**?

A) Fabrikaların atık gazları

B) Canlıların solunumla verdiği karbondioksit gazı

C) Kömür yakılması sonucu oluşan atık gazlar

D) Doğal gaz yakılması sonucu oluşan atık gazlar

E) Yeşil bitkilerin fotosentez yapması

14) Küresel ısınma sonucunda,

I. Buzulların erimesi

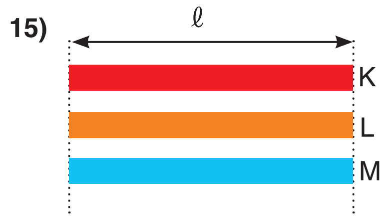
II. Büyük göç hareketlerinin meydana gelmesi

III. Büyük kasırgaların oluşumu

gibi olayların hangisi ya da hangilerinin yaşanması beklenmektedir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

15)



Aynı maddeden yapılmış eşit boydaki metal K, L, M çubuklarının sıcaklıkları $t_K > t_L > t_M$dir. Çubuklar üst üste konarak bir süre beklenirse aşağıdaki değişimlerden hangisinin gerçekleşmesi kesinlikle beklenmelidir?

I. K'nin boyu kısalır.

II. L'nin boyu uzar.

III. M'nin boyu uzar.

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) II ve III

6. ÜNİTE

ELEKTROSTATİK

KONULAR

- ELEKTRİK YÜKLERİ

Öğrenilecek Bilimsel Kavram ve Terimler

- Elektrik yükü
- Elektrikle yüklenme
- Elektroskop
- Yalıtkan madde
- Elektriksel kuvvet
- Elektrik alan
- Faraday kafesi
- Birim yük
- Yük korunumu
- İletken madde
- Yük dağılımı
- Topraklama
- Coulomb Yasası

Ünite İçin Ön Hazırlık Soruları

- Elektron sayısı proton sayısına eşit olmayan atomlardan oluşmuş bir cisim nasıl adlandırılabilir?
- Cisimleri iletken ve yalıtkan diye ayırırken hangi özelliklerine bakılmaktadır?
- Bir cismin yüklü olup olmadığını gösterebilecek bir araç var mıdır? Bu araç yük cinsini tayin edebilir mi?
- Yüklü bir cisim tekrar yüksüz hâle getirilebilir mi? Elektrikli cihazlar, prizler neden toprak bağlantılıdır?
- Günlük hayatta elektriklenmiş cisim olarak adlandırdığımız cisimler arasında bir kuvvet olduğunu söyleyebilir misiniz? Bu kuvvet nelerden etkilenir? Öğrendiğiniz temel kuvvetlerden hangisidir?
- Yüklerin etkisini gösterdiği bir bölgeden söz edilebilir mi? Bu bölgenin oluşumu nelerden etkilenir?

6.1. ELEKTRİK YÜKLERİ

Elektriğin hayatımızdaki yeri yadsınamaz. Evlerimizdeki aydınlanmadan ısınmaya, kullandığımız ev araçlarının çalıştırılmasına, dışarıda sokaklardan, ulaşım araçlarından okullara, hastanelere, iş merkezlerine, sanayiye kadar her yerde elektrik enerjisinin kullanımı gerçekleştirilmektedir. Elektrik bu kadar yaşamımızın içerisinde iken bu enerjinin doğasını öğrenmek gerekir. Bu nedenle elektrik akımından önce durgun elektrikten yani elektrostatikten söz edilmeli, maddenin yapısından yola çıkmalıyız.

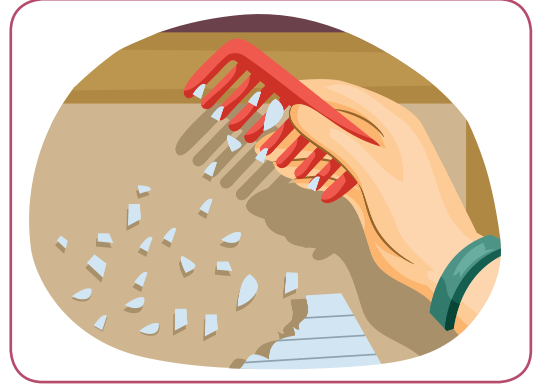
6.1.1. Elektrikle Yüklenme Çeşitleri

MÖ 600'lü yıllarda başlayan elektrik ve manyetizma olaylarına ait gözlemlerin kaydında, filozof Thales'in (Tales; MÖ 600) yaptığı deneyle karşılaşılır. Thales bir çuha parçasına sürtülmüş kehribarın küçük parçacıkları çektiğini belirlemiştir. İngiliz bilim insanı William Gilbert (Vilyım Cilbirt; 1540 – 1603) ise bu olayın kehribarla sınırlı olmadığını, genel bir durum olduğunu ortaya koymuş; tahta, cam, balmumu gibi cisimlerin de ipek veya yünlü bir kumaşa sürtüldüğünde küçük parçacıkları çektiğini göstermiştir.

Görsel 6.1'deki gibi bir plastik tarağı saçınıza veya yünlü bir kumaşa sürterek yerdeki küçük kâğıt parçalarını toplayabilirsiniz.

Elektrikle ilgili araştırma ve deneyler yapan Benjamin Franklin (1706–1790) pozitif ve negatif adlar verdiği iki çeşit elektrik yükü olduğunu bulmuştur. Daha sonra gösterdikleri zıt özelliklerin ortaya çıkışı bu buluşu pekiştirmiştir.

Şimdi bu artı ve eksi yüklemelerin nasıl oluştuğunu maddenin atomik yapısına baktığımızda anlayabiliyoruz.



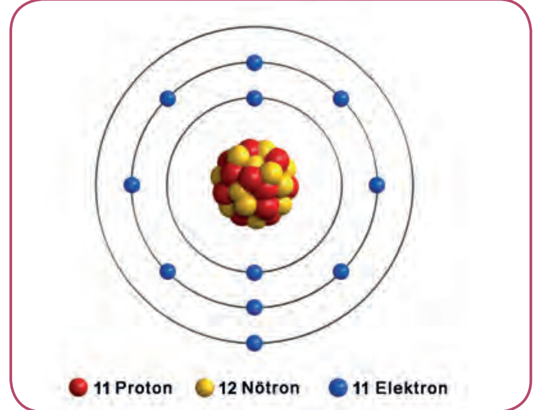
Görsel 6.1: Plastik bir tarağın küçük kâğıt parçacıklarını çekmesi

Atomun temel parçacıkları; çekirdekte proton ve nötronlar, çekirdekten farklı uzaklıklarda bulunan elektronlardır. Manyetik alanlarda yapılan deneyler sonucunda elektron ve protonların eşit miktarda yüklü, ancak sapma yönlerine göre zıt karakterde oldukları tespit edilmiş, elektronun yükü eksi (–), protonun yükü artı (+) yük olarak kabul edilmiştir.

Robert Millikan (Rabırt Milikın, 1868–1953); 1909'da yüklü kabul edilen cisimlerin yük miktarının her zaman elektron yükünün tam katlarına sahip olduğunu keşfetmiştir. Yüklü bir cismin yük miktarı q, elektron yükü q_e ile gösterilecek olursa cisimlerin yük miktarı $q = Nq_e$ dir.

N; tam sayı olarak elektron yükünün katlarıdır.

Protonun yükü (q_p) miktar olarak elektronun yüküne (q_e) eşittir $(q_p = q_e)$. Görsel 6.2'deki gibi (11 proton ve 11 elektron) elektron sayısı proton sayısına eşit olan bir atoma **nötr atom**, bu atomlardan oluşmuş cisme de **nötr cisim** denir.

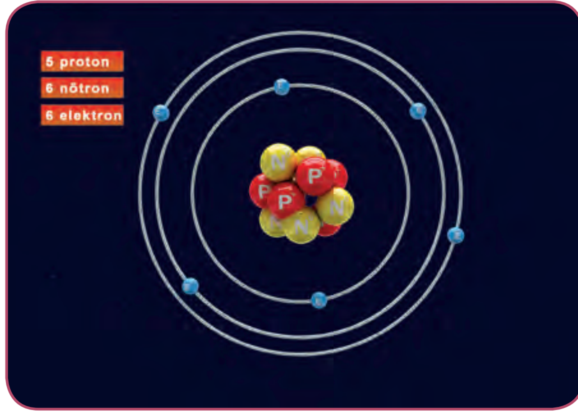


Görsel 6.2 : Elektron sayısı proton sayısına eşit olan bir atom

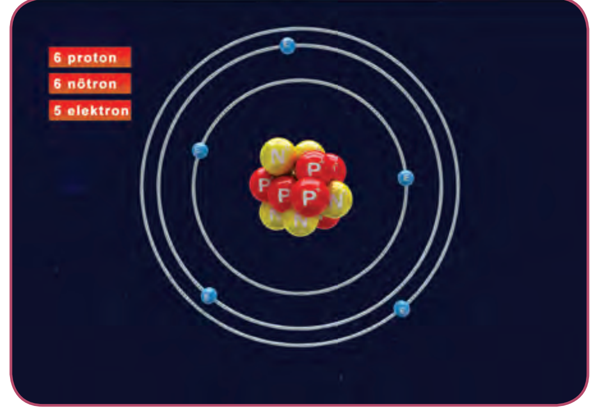
Atom herhangi bir yolla elektron kaybetmiş veya fazladan elektron kazanmış ise bu atomlardan oluşmuş cisim yüklü cisim olarak tanımlanır. Buna göre yüklü cisim için elektron alışverişi gerçekleşmiş olmalıdır. Elektriklenmiş cisim için bu koşulun gerekli olmadığını da açıklayacağız.

Görsel 6.3'teki atom 5 proton 6 elektron bulundurduğuna göre elektron sayısı proton sayısından fazla olduğu için eksi (–) yüklüdür. Bu atomlardan oluşmuş cismin de negatif yüklü cisim olduğu söylenir.

Görsel 6.4'te ise 6 proton ve 5 elektrona sahip atom elektron kaybetmiş olmalıdır. Bu atom pozitif (+), bu atomlardan oluşmuş cisimde pozitif (+) yüklü cisimdir.



Görsel 6.3: Elektron sayısı proton sayısından fazla olan atom



Görsel 6.4: Proton sayısı elektron sayısından fazla olan atom

Ancak her iki durumda da yüklü olma hâli elektron verme veya elektron alma ile gerçekleşir. Yüklenmeler yalnızca elektron alışverişi ile gerçekleşir.

Bir elektronun yüküne temel yük veya elemanter yük (e.y) denir. SI birim sisteminde elektrik yükünün birimi coulombdur (kulon). C ile gösterilir.

$6,25 \cdot 10^{18}$ tane elektronun yükü = 1 coulomb (C) kabul edilmiştir. Buna göre

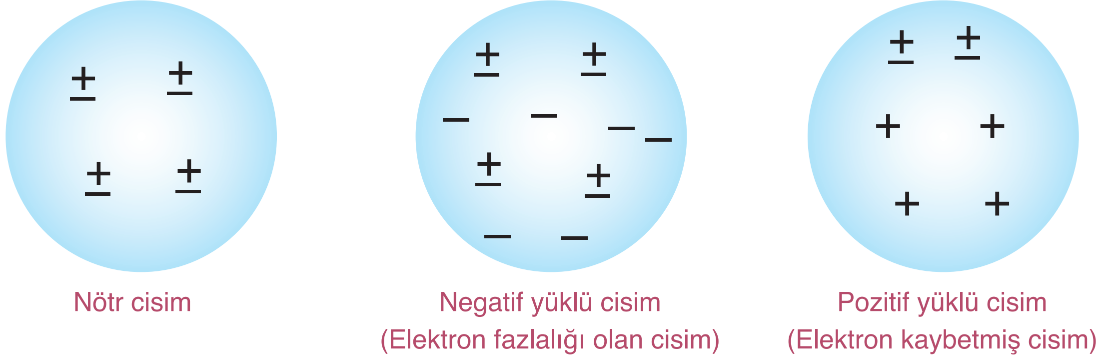
$$1 \text{ tane elektronun yükü} = \frac{1}{0,625 \cdot 10^{19}} \text{ C} \cong 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C olarak alınır.}$$

Tablo 6.1'de atomdaki temel parçacıkların yük ve kütle değerleri verilmiştir.

Tablo 6.1: Atomu oluşturan temel taneciklerin bazı özellikleri

Parçacık	Yük (C)	Kütle (kg)
Elektron	$-1,6022 \cdot 10^{-19}$	$9,1096 \cdot 10^{-31}$
Proton	$+1,6022 \cdot 10^{-19}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$
Nötron	0	$1,6749 \cdot 10^{-27}$

Atomun yapısında protonların çekirdekte, elektronların çekirdekten farklı uzaklıklarda bulunduğunu biliyoruz. Ancak biz cisimlerde nötr ve yüklü olma durumlarını ifade ederken Şekil 6.1'deki gibi göstereceğiz.



Şekil 6.1: Nötr ve yüklü olma durumunun sembolik gösterimi

Elektriklenme: Elektron alışverişinde bulunmuş yüklü cisimler ile üzerinde yük kutuplaşması sağlanmış, yük dengesi bozulmuş cisimler elektriklenmiş cisimlerdir. Yani cisimlerin elektriklenmiş olması için elektron alışverişinde bulunmaları ve yüklü olma durumları zorunlu değildir. Ancak bu durumu açıklamadan önce cisimlerin yapısal özellikleri olarak tanımlayabileceğimiz elektriksel iletkenlik ve yalıtkanlık ayrımının da yapılması gerekir.

Elektriksel iletkenler: Maddeyi oluşturan atomların son yörüngesindeki elektronların sayısı az ise bu elektronlara etkiyen çekirdek çekim kuvveti küçüktür. Bu durum elektronların kolayca serbest hâle gelmesini sağlar. Bu şekilde içerisinde serbest elektronları bulunan dolayısıyla elektron akışına izin veren maddeler iletken maddeler olarak adlandırılır. İletken maddelerde bir bölge veya uç yüklendiğinde yük iletkenin her noktasına dağılır. Tablo 6.2'de bazı iletken maddeler listelenmiştir.

Tablo 6.2: Bazı iletken maddeler

İletken maddeler	
Bakır	Asitli Su
Demir	Sirke
Gümüş	Kaynak suyu
İnsan vücudu	Çeşme suyu
Limonlu Su	Nemli hava
Tuzlu Su	

Bir madde elektrik akımına karşı ne kadar az direnç gösterirse o kadar iyi iletkendir. Bakır, alüminyum ve gümüş gibi maddeler elektriği iyi ileten maddelerdir. Elektrik iletkenliği fiziksel bir olaydır. Elektrik iletkenliği katı ve sıvılar için ayırt edici bir özelliktir. Çözeltilerin bir kısmı elektriği ilettiği halde bir kısmı iletmez. Elektriği ileten çözeltilere elektrolit adı verilir.

Saf su ihmal edilebilir iletkenliğe sahip iken günlük hayatta kullandığımız içme suyu bazı mineraller içerdiği için iletkendir. Gazlar genelde yalıtkandır. Ancak iyonlarına ayrılmış gazlar iletkenlik kazanır. Örneğin normal şartlarda atmosfer yalıtkan iken Görsel 6.5'teki gibi düşük basınç ve yüksek gerilim altında iletken hâle geçer.

Görsel 6.5: Yüksek gerilim altında iyonlaşan hava, elektriği iletir.

Elektriksel yalıtkanlar: Madde atomlarının son yörüngesindeki elektron sayısı fazla ise çekirdeğin çekme kuvvetinin şiddeti büyüktür. Bu nedenle serbest elektronlardan söz edilemez. Cam, plastik, tahta gibi maddeler bu şekilde elektriksel yalıtkanlar olarak ayrılırlar. Tablo 6.3'te bazı yalıtkan maddeler listelenmiştir. Bu tür maddeler bir uçlarından sürtme gibi bir yolla yüklü hâle geçseler de yüklenme sadece o bölgede kalır. Yüklenme cismin diğer bölgelerine dağılamaz.

Tablo 6.3: Bazı yalıtkan maddeler

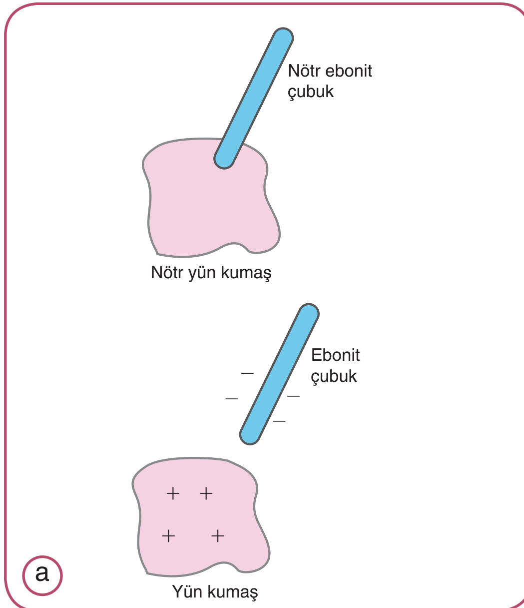
Yalıtkan maddeler	
Porselen	Şekerli su
Kuru ağaç	Saf su
Kauçuk	Zeytinyağı
Cam	Kuru hava
Mika	

Maddeler için bu ayrımı yaptıktan sonra bu maddelerden yapılmış cisimlerin nasıl elektriklenmiş cisim hâline geçebileceğini öğrenebiliriz.

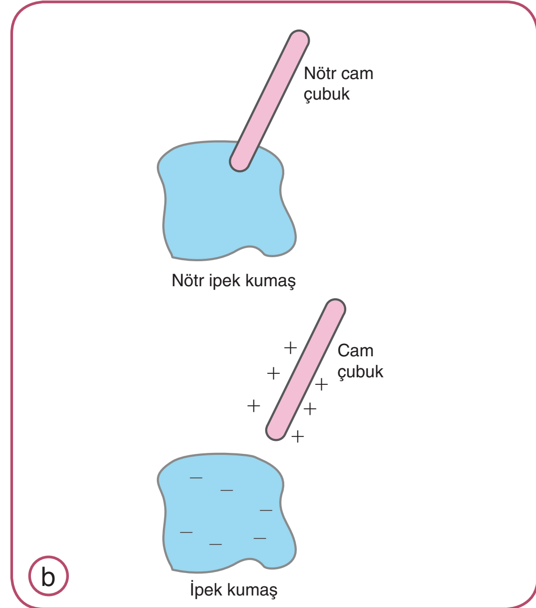
Elektriklenme Türleri

1. Sürtünme ile Elektriklenme

Temiz ve kuru saçlarınızı tararken veya kazağınızı giyip çıkarırken saçlarınızın tellerine ayrılarak hareketlenmesi bu tür elektriklenmeden kaynaklanmaktadır. Birbirine sürtülen iki cisimde sürtünmeden dolayı elektron bağ kuvveti zayıflar. Elektron verme yatkınlığı daha çok olan bir cisimden diğerine elektron geçişi olur. Elektron veren cisim pozitif (+) yüklenirken elektron alan diğer cisim negatif (–) yüklenir. Alınan elektron sayısı verilene eşit olacağından toplam yük miktarında değişim olmamıştır. Bu elektriklenme olayları için Şekil 6.2 a'daki gibi ebonit çubuğu yünlü kumaşa sürtme veya Şekil 6.2 b'deki gibi bir cam çubuğu ipek kumaşa sürtme gibi yalıtkan cisimlerden örnek verilir. Ebonit çubuk kumaştan elektron alarak negatif (–) yüklenirken, yün kumaş verdiği elektron sayısı kadar pozitif (+) yüklenecektir. Ancak elektron bağ kuvveti cam çubukta ipek kumaşa göre daha zayıf olduğundan elektron veren cam çubuk olmuş ve verdiği elektron sayısı kadar (+) yüklenmiştir.



Şekil 6.2: a. Yünlü kumaşa sürtülen ebonit çubuğun ve yünlü kumaşın yüklenmesi



Şekil 6.2: b. İpekli kumaşa sürtülen cam çubuğun ve ipekli kumaşın yüklenmesi

Sürtünme ile elektriklenmede,

- Cisimler arasında elektron alışverişi olur.
- Cisimler eşit miktarda zıt cins elektrikle yüklenir.
- Yük miktarı değişmez, yük korunumludur.

İletken cisimler de sürtünme ile elektriklenebilir. Ancak bu işlem gerçekleştirilirken insan vücudu iletken olduğundan yük akışını engellemek için yalıtkan bir sapla tutularak sürtme işlemi gerçekleştirilmelidir.

Aşağıdaki Deney 6-1'i yaparak cisimlerin sürtünme ile elektriklenmesini gözlemleyebilirsiniz.

Deney 6-1

Ebonit ve Cam Çubukta Elektriklenme

Deneyin Uygulanışı

1. Dört kişilik gruplar oluşturunuz. Grup üyeleri arasında görev dağılımı yapınız.

2. İpek kumaş parçası ile ovuşturduğunuz cam çubuğu ortasından ince naylon iplikle bağlayarak asınız.

3. İkinci bir cam çubuğu ipek parçasıyla ovuşturup asılan çubuğa yaklaştırınız (Resim b).

4. Deneyi, yünlü kumaş parçasına sürtülmüş iki ebonit çubukla tekrarlayınız (Resim c).

5. Ebonit çubuğun sürtülmüş ucunu, asılı duran cam çubuğun sürtülmüş ucuna yaklaştırınız.

Araç ve Gereçler

- Cam çubuk (2 adet)
- Ebonit çubuk (2 adet)
- İpekli kumaş parçası
- Yünlü kumaş parçası
- Destek çubuğu (2 adet)
- Üçayak
- İkili bağlama parçası (2 adet)
- Naylon iplik (30-40 cm)

6. Cam çubuğu ipek parçasına sürttükten sonra bu ipek parçasına yaklaştırınız. Aynı işlemi ebonit çubuk ve yünlü kumaş ile tekrarlayınız. Gözlemlerinizi defterinize yazınız.

a

b

c

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

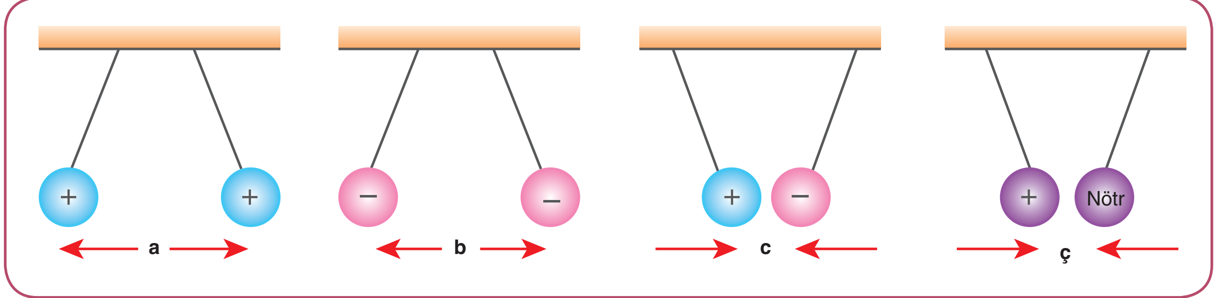
1. Yüklü iki ebonit çubuğu birbirine yaklaştırınca ne gözlemlediniz?

2. Yüklü iki cam çubuğu birbirine yaklaştırınca ne gözlemlediniz?

3. Yüklü cam ve ebonit çubukları birbirine yaklaştırınca ne gözlemlediniz?

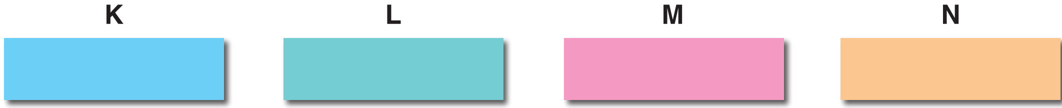
4. Gözlemlerinize göre camda ve ebonitte oluşan yüklerin aynı olup olmadığını belirtiniz.

Deney 6-1'de elektrikle yüklü iki cam çubuğun, yine elektrikle yüklü iki ebonit çubuğun birbirini ittiğini ancak elektrikle yüklü cam çubukla ebonit çubuğun birbirini çektiğini gözlemlediniz. Buna göre Şekil 6.3'ü inceleyiniz.



Şekil 6.3. a, b) Aynı tür elektrik yükleri birbirini iter. c. Farklı cins elektrik yükleri birbirini çeker. ç. Birbirine yaklaştırılan nötr iletken bir cisim ile yüklü bir cisim birbirini çeker.

Örnek

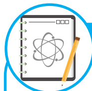


Şekildeki yüklü K, L, M ve N cisimlerinden K; L ve M'yi iterken N cismini çekmektedir. N cismi (+) yüklü olduğuna göre L ve N'nin birbirlerine uyguladığı kuvvet nasıl olmalıdır?

Çözüm

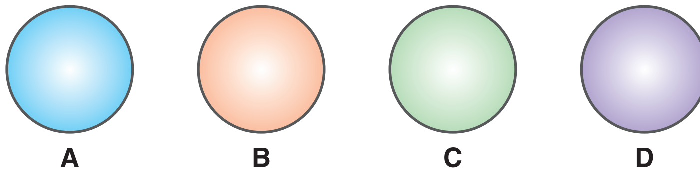
N cismi (+) yüklü iken K tarafından çekiliyorsa, K cismi (–) yüklü olmalıdır. K cismi L ve M'yi itiyorsa L ve M cisimleri de (–) yüklü olmalıdır.

L'nin (–), N'nin (+) yüklü olduğu belirlendiğine göre L ve N cisimlerinin birbirine uyguladıkları elektriksel kuvvetin, çekme kuvveti olduğu söylenebilir.



Alıştırma 6-1

Şekildeki yüklü A, B, C, D küreciklerinden A küresi, B ve C'yi iterken D'yi çekiyor. C küresi negatif yüklü olduğuna göre diğer kürelerin yükleri nedir?



Araştıralım

Bulutların neden elektriklendiğini araştırarak ileri sürülen kuramları arkadaşlarınızla paylaşınız.

Bilgi İletişim Teknolojisi

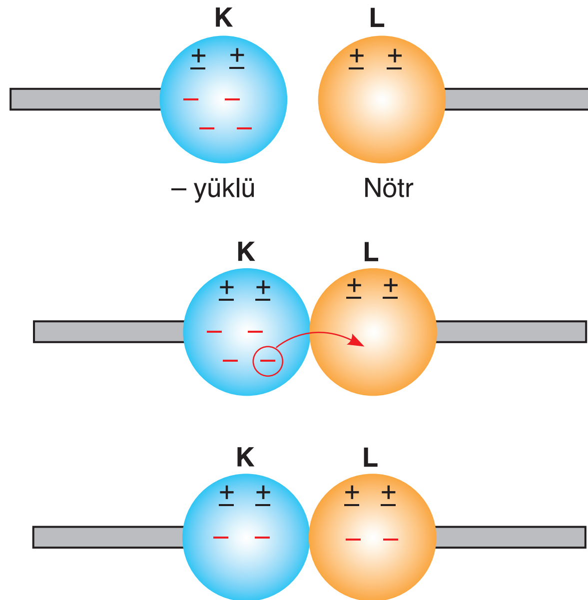
Sürtünme ile elektriklenmeyi aşağıdaki Genel Ağ adresinden izleyebilirsiniz.

https://goo.gl/2o3b1z

2. Dokunma ile Elektriklenme

İletken cisimlerde serbest elektronların bulunduğunu dolayısıyla üzerlerinden yük akışına izin verdiklerini öğrendik. Bu elektriklenme şeklini iletken cisimler üzerinden açıklayacağız.

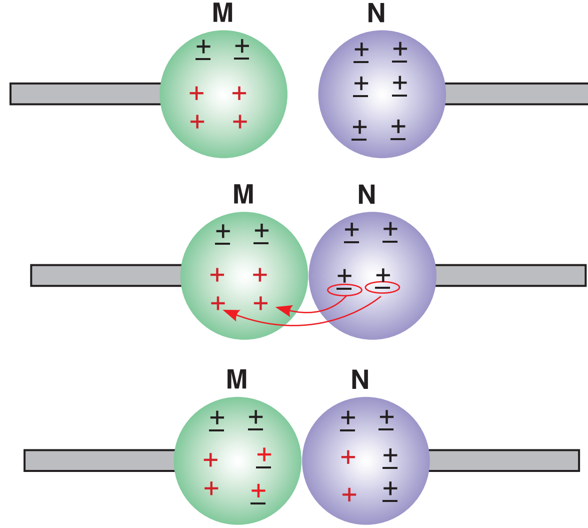
Yüklü iletken bir cismi, nötr iletken başka bir cisme dokundurmak bu iki cisim arasında elektron alışverişinin başlamasına neden olur. Dokunmayla elektriklenmede örneklerimizi yük dağılımı düzgün olan küresel cisimler üzerinden verelim. Şekil 6.4'teki iletken özdeş K ve L kürelerinden K negatif (–) yüklü iken L nötrdür. Küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokundurulursa K'den L'ye elektron geçişi olur.



Şekil 6.4: Biri nötr, diğeri (–) yüklü iletken küreler arasındaki yük alışverişi

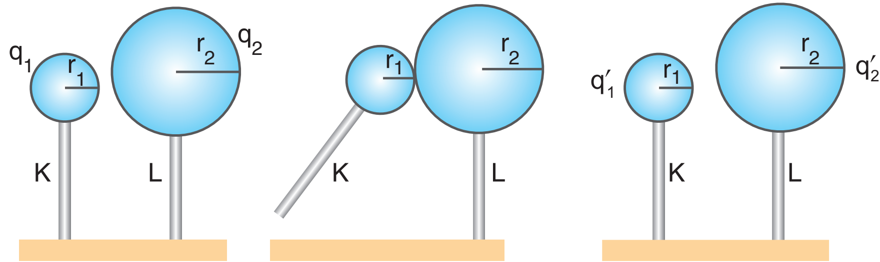
K küresinden L küresine geçen elektronlarla yük dengesi kurulduğunda her iki cisim de negatif (–) yüklü olacaktır. Küreler özdeş olduğundan önceki yükü eşit paylaşırlar.

Şekil 6.5'teki M ve N kürelerinden M pozitif (+) yüklü iken N küresi nötrdür. Bu küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokundurulursa bu kez nötr N küresinden, (+) yüklü M küresine elektron akışı olur. Böylece M küresinde var olan elektron eksikliğinin bir kısmı kapatılacaktır. Özdeş oldukları için yük dengesi kurulduğunda yükleri eşit miktarda olur.



Şekil 6.5: Biri nötr, diğeri (+)yüklü iletken küreler arasındaki yük alışverişi

İletken küreler arasındaki elektron alışverişi nötr küresel cismin yüklü ve elekriklenmiş cisim olmasını sağlamıştır. Küresel cisimlerin yük paylaşımında boyutlarını belirleyen yarıçapları önem kazanır. Küresel cisimler önceki toplam yükü yarıçapları ile doğru orantılı paylaşırlar. Şekil 6.6'daki gibi yarıçapları r_1 ve r_2 yükleri q_1 ve q_2 olan iletken küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokundurulursa yük dengesi kurulduğunda yükleri q_1' ve q_2' olur.



Şekil 6. 6: Farklı yarıçaplara sahip yüklü kürelerin birbirine dokundurulması

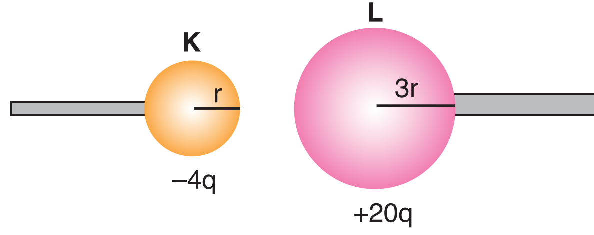
Yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokundurulan yarıçapları farklı küreler toplam yükü yarıçapları oranında paylaşır. Yük dengesi kurulduğunda kürelerin yük miktarları q_1' ve q_2' bulunurken

$$q_1' = r_1 \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} \text{ ve } q_2' = r_2 \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} \text{ eşitlikleri olur.}$$

Dokunmayla elektriklenmede de önceki toplam yük miktarı, paylaşımdan sonraki toplam yük miktarına eşit kalacaktır.

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$$

Örnek



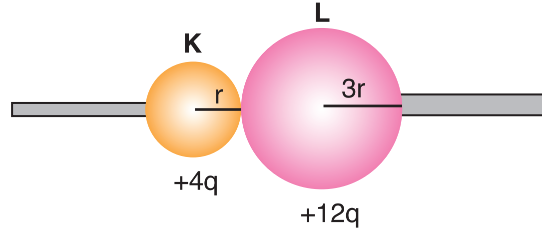
Şekildeki r ve 3r yarıçaplı sırasıyla –4q ve +20q yüklü K, L küreleri yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokunduruluyor. Buna göre yük dengesi kurulduğunda iletken kürelerin yükleri ne olur?

Çözüm

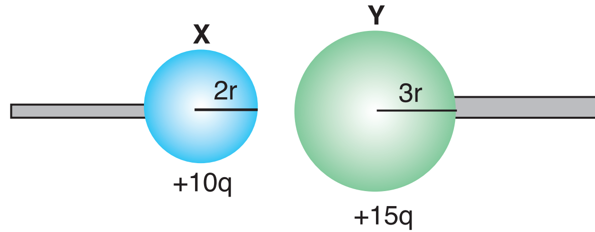
K ve L küreleri birbirlerine dokundurulduğunda yüklerini yarıçapları oranında paylaşırlar. Yükleri için

$$q_K = r_K \cdot \frac{q_{toplam}}{r_K + r_L} \quad \text{ise} \quad q_K = r \cdot \frac{16q}{4r} = +4q$$

$$q_L = r_L \cdot \frac{q_{toplam}}{r_K + r_L} \quad \text{ise} \quad q_L = 3r \cdot \frac{16q}{4r} = +12q \text{ bulunur.}$$



Örnek



Şekildeki 2r ve 3r yarıçaplı sırasıyla +10q ve +15q yüklü X, Y küreleri yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokunduruluyor. Buna göre yük dengesi kurulduğunda iletken kürelerin yükleri ne olur?

Çözüm

X ve Y küreleri birbirlerine dokundurulduğunda yüklerini yarıçapları oranında paylaşırlar. Yükleri için

$$q_X = r_X \cdot \frac{q_{toplam}}{r_X + r_Y} \quad \text{ise} \quad q_X = 2r \cdot \frac{25q}{5r} = +10q$$

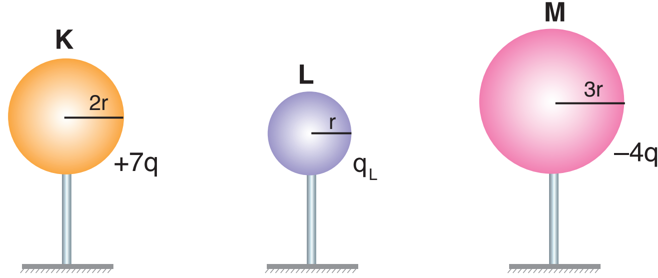
$$q_Y = r_Y \cdot \frac{q_{toplam}}{r_K + r_L} \quad \text{ise} \quad q_Y = 3r \cdot \frac{25q}{5r} = +15q \text{ bulunur.}$$

Bu örneğin sonucundan iletken kürelerin yüklerinin birbirlerine dokunmadan önceki yükler olduğu görülür. Yani cisimler arasında elektron alışverişi olmamıştır. O halde iletken cisimler aynı cins elektrikle yüklü ve yükleri boyutları oranında ise aralarında elektron alışverişi olmayacaktır.

Tüm bu açıklamalara bağlı kalarak dokunma ile elektriklenmeye ait şu saptamaları yapmak mümkündür:

- Biri nötr diğeri yüklü veya biri (+) diğeri (–) yüklü iki iletken cisim birbirine dokundurulduğunda kesinlikle elektron alışverişi olur.
- Her ikisi de aynı cins elektrikle yüklü iki iletken cisim birbirine dokundurulduğunda aralarında elektron alışverişi olmayabilir.
- Cisimler yük dengesi kurulduğunda aynı cins elektrikle yüklü veya her ikisi de nötr durumdadır. Biri nötr diğeri yüklü hâlde bulunamazlar.
- Dokunmadan önceki toplam yük miktarı iletken küresel cisimlerde yarıçaplar oranında paylaşılır. Ancak tüm cisimlerde toplam yük sabit kalır, yük korunumu bulunur.

Örnek



Yarıçapları 2r, r ve 3r olan K, L ve M iletken kürelerinin yükleri sırasıyla +7q, q_L ve -4q'dur. K küresi yalıtkan sapından tutularak önce L'ye sonra M'ye dokunduruluyor. M küresi son durumda nötr olduğuna göre L küresinin yükü q_L kaç q'dur?

Çözüm

K küresi L'ye dokundurulduğunda yeni yük miktarı

$$q_K = r_K \cdot \frac{q_{toplam}}{r_K + r_L}$$ eşitliğinden bulunur.

$$q_K = 2r \cdot \frac{7q + q_L}{3r}$$ 'dir.

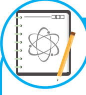
M küresi -4q yüküne sahip iken K küresine dokundurulduğunda nötrlenmiş ise K'nin yük miktarı +4q olmalıdır. O halde yukarıdaki yükü +4q yük miktarına eşitleyelim.

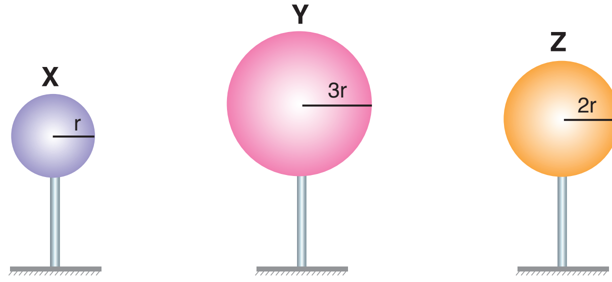
$$2r \cdot \frac{7q + q_L}{3r} = 4q$$

$$7q + q_L = \frac{12q}{2}$$

$$q_L = 6q - 7q$$

$q_L = -q$ bulunur.

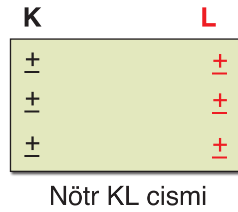

Alıştırma 6-2



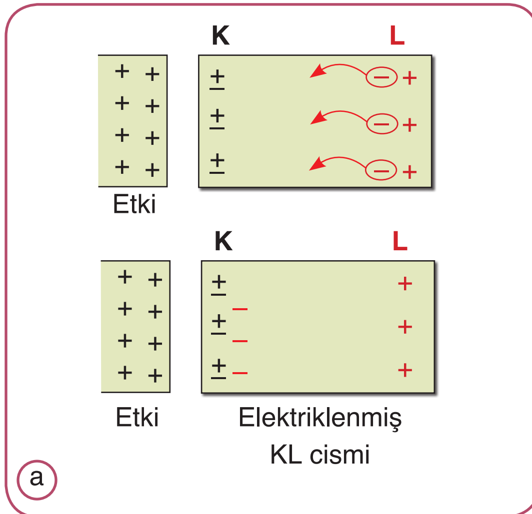
Şekildeki pozitif yüklü iletken X, Y ve Z kürelerinin yükleri toplamı +24q'dur. Küreler yalıtkan saplarından tutularak aynı anda birbirlerine dokunduruluyor. Yük dengesi kuruluncaya kadar X küresine -4q yükü geçtiğine göre cisimler birbirine dokundurulmadan önce X küresinin yükünün kaç q olduğunu bulunuz.

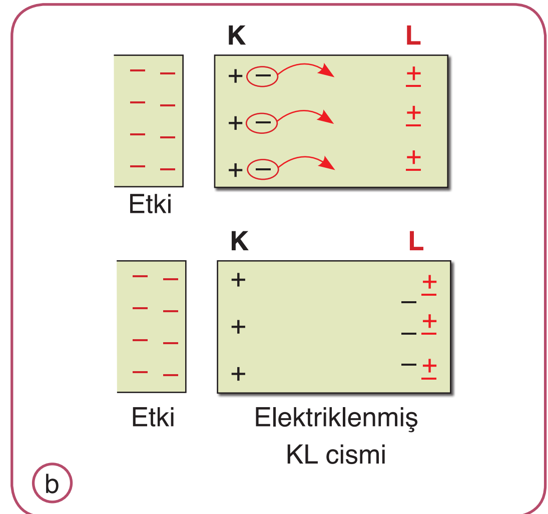
3. Etki ile Elektriklenme

İletken cisimlerde elektronların serbestçe hareket edebildiğini ve aynı cins yüklerin birbirine itme, zıt cins yüklerinde birbirine çekme kuvveti uyguladığını gördük. Bu durumda yüklü bir cisim iletken bir cisme yaklaştırılırsa bu elektriksel itme ve çekme kuvvetleri iletken cisimdeki durgun elektronların hareketlenmesini sağlar. Cisimler arasında elektron alışverişi olmadan iletken cisimdeki yük dengesinin bozulması, üzerinde yük kutuplaşmasının oluşması bu cismin elektriklenmesine neden olur. Bu elektriklenme şekline etki (indüksiyon) ile elektriklenme denir. Şekil 6.7 a ve b'de nötr KL iletken cismine pozitif (+) ve negatif (–) yüklü cisimlerin yaklaştırılması ile KL cisminin elektriklenmesinin nasıl gerçekleştiği verilmiştir.



Nötr KL cismi



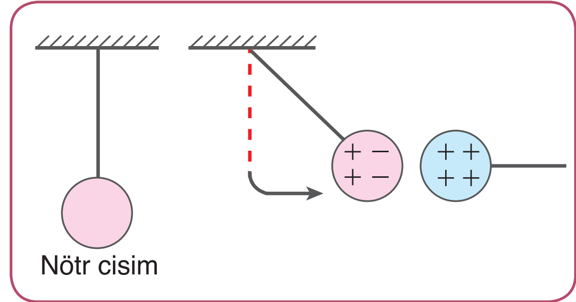


Şekil 6.7: Etki ile elektriklenme

Şekil 6.7 a'da iletken cismin K ucuna yaklaştırılan (+) yüklü cisim aynı cins yükleri iter. Ancak iletkende hareket edebilen yüklü parçacığın yalnızca elektronlar olduğu unutulmamalıdır. Bu durumda iletkenin L ucundaki (–) yükler K ucuna çekilir. Yük akışı tamamlandığında iletkenin K ucu (–) yüklü, L ucu ise (+) yüklü hâldedir. Şekil 6.7 b'de ise iletkenin K ucuna (–) yüklü bir cisim yaklaştırılmış, bu kez bu uçtaki (–) yüklere etkiyen itme kuvveti nedeniyle K ucundan L ucuna elektron akışı gerçekleşmiştir. Yük akışı bittiğinde K ucu (+) , L ucu ise (–) yüklü hâldedir.

Her iki durumda da KL iletken cismi elektriklenmiştir. Ancak elektron alışverişinde bulunmamış, elektriklenmiş olmasına rağmen elektron sayısı proton sayısına eşit bir cisimdir.

Etki ile elektriklenme bize yüklü bir cismin nötr bir cisme çekme kuvveti uygulayacağını da gösterir. Şekil 6.8'deki gibi yalıtkan bir iple asılarak dengelenmiş iletken bir küresel cisme pozitif yüklü bir cisim yaklaştırılırsa cismin bulunduğu tarafa doğru elektron hareketi gerçekleşir. Yük dengesi bozulmuş asılı iletken cismin düşey doğrultudan ayrılması, elektriksel kuvvet etkisinde kaldığının ve elektriklenmiş hâle geçtiğinin kanıtıdır. Etki ile elektriklenmeyi gözlemlemek için Deney 6-2'yi yapalım.



Şekil 6.8: Yüklü bir cismin nötr iletken bir cismi çekmesi

Deney 6-2

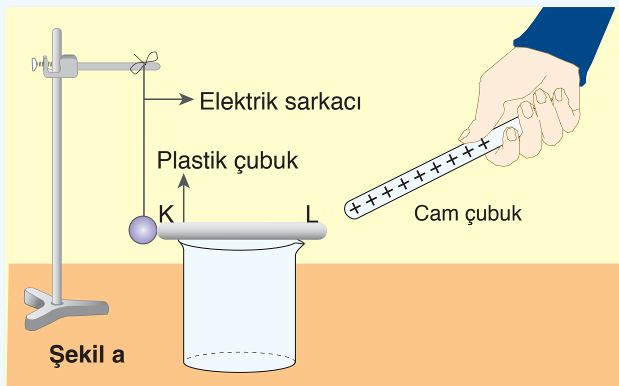
Bir Cismin Etki ile Elektriklenmesinin İncelenmesi

Deneyin Uygulanışı

1. Sınıf mevcuduna ve malzeme durumuna göre gruplar oluşturunuz. Grup üyeleri arasında görev dağılımı yapınız.

2. Alüminyum yaprağı küre hâline getirerek naylon ipliğe bağlayınız ve Şekil a'daki gibi asınız.

3. Plastik çubuğu beherglasın üzerine yerleştiriniz. Şekil a'daki düzeneği hazırlayınız.



Araç ve Gereçler

- Beherglas (2 adet)
- Metal çubuk (2 adet)
- Plastik çubuk
- Cam çubuk
- Alüminyum yaprak
- Naylon iplik
- İpek ve yünlü kumaş parçaları
- Üçayak ve demir çubuk (50 cm)
- İkili bağlama parçası

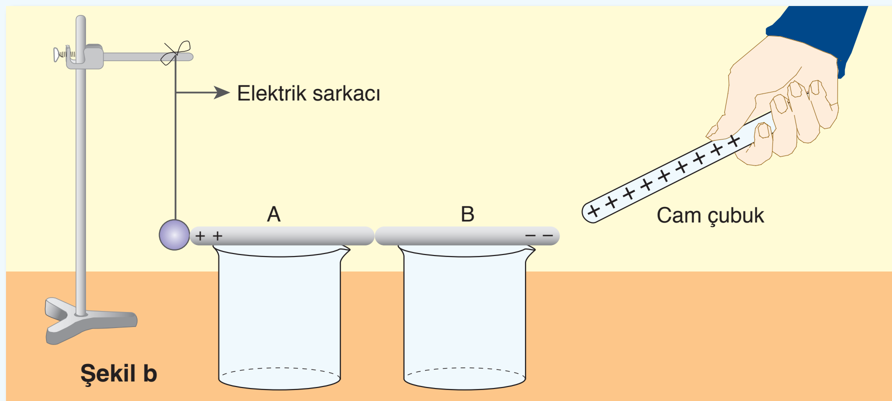
4. Hazırladığınız elektrik sarkacının plastik çubuğa değmesini sağlayınız.

5. Sürtünme ile elektriklediğiniz cam çubuğu plastik çubuğun diğer ucuna değdirmeden yaklaştırınız. Elektrik sarkacının konumundaki değişikliği gözlemleyiniz.

6. Beherglas üzerine plastik çubuk yerine metal çubuk yerleştiriniz. Bu çubuğun bir ucunun sarkaca değmesini sağlayınız. Elektriklenmiş cam çubuğu metal çubuğun diğer ucuna yaklaştırınız. Elektrik sarkacının hareketini gözlemleyiniz.

7. Cam çubuğu sabit tutarak beherglası uzaklaştırınız. Sonra cam çubuğu elektrik sarkacına yaklaştırınız. Cam çubuğun sarkacı itip itmediğini gözlemleyiniz. Deneyi farklı çubuklarla tekrarlayabilirsiniz.

8. Şekil b'deki düzeneği kurunuz.



Şekil b

9. Beherglasların üstüne A ve B metal çubuklarını birbirine dokunacak şekilde yerleştiriniz. Elektrik sarkacının A çubuğunun ucuna değmesini sağlayınız.

10. Yüklü cam çubuğu B metal çubuğunun ucuna yaklaştırınız. Elektrik sarkacının hareketini gözlemleyiniz.

11. Yüklü cam çubuğu B metal çubuğundan uzaklaştırınız ve sarkacın hareketini gözlemleyiniz.

12. Beherglasları ilk durumuna getirdikten sonra yüklü cam çubuğu B metal çubuğunun ucuna tekrar yaklaştırınız. Çubuk bu durumdayken beherglastan tutarak B çubuğunu uzaklaştırınız. Değişmeleri gözlemleyiniz.

13. Yine beherglastan tutarak A çubuğunu sarkaçtan uzaklaştırınız ve B metal çubuğunu elektrik sarkacına yaklaştırınız. Sarkacın konumundaki değişmeyi gözlemleyiniz.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Beherglas üzerine koyduğunuz plastik çubuk, yüklü cam çubuğun etkisiyle yüklendi mi?

2. B metal çubuğunun elektrik sarkacını çekmesinin sebebi nedir?

3. Negatif yüklü plastik çubukta yük kaybı olur mu?

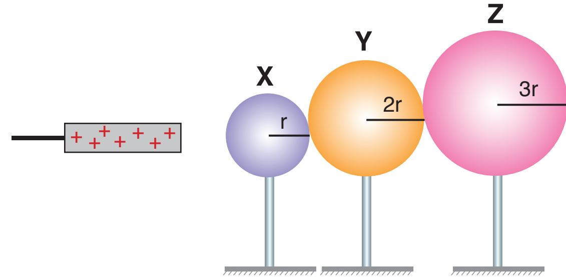
4. Metal çubuklar yerine cam ya da plastik çubuklar kullansaydınız ne olurdu?

Pozitif yüklü cisim (cam çubuk), yaklaştırılan metal çubuk üzerindeki elektronları çekerek kendine yakın olan uçta toplar ve bu uç negatif yüklenir. Diğer uçta elektron eksikliği doğar ve bu uç pozitif yüklenir.

Yaptığınız deneyde pozitif ucun dokunduğu elektrik sarkacının bazı elektronları da metal çubuğa geçer. Bu nedenle hem sarkaç hem de metalin bu ucu pozitif yüklü olur ve birbirini iter. Eğer cam çubuk sabitken beherglas ve metal çubuk uzaklaştırılırsa sarkaç pozitif yüklenmiş olarak kalır. Bu durumda cam çubuk ve sarkaç pozitif yüklü oldukları için birbirini iter.

Örnek

Şekildeki birbirine dokunmakta olan nötr iletken X, Y ve Z küreleri r, 2r ve 3r yarıçaplıdır. X küresine pozitif (+) yüklü K cismi yaklaştırıldığında X küresinde $4 \cdot 10^{19}$ tane elektron fazlalığı oluşmaktadır. Buna göre Y ve Z kürelerinin yükünün kaç coulomb olduğunu bulunuz. $(1 e.y = 1,6 \cdot 10^{-19}\ C)$



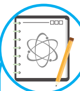
Çözüm

K cisminin etkisi ile X küresinde $4 \cdot 10^{19}$ tane elektron fazlalığı oluşmuş ise Z küresinin $4 \cdot 10^{19}$ tane elektronu Y iletkeni aracılığı ile X'e çekilmiş olmalıdır. Y iletken küresi yük akışının gerçekleşmesini sağlamış ancak yüksüz cisimdir. Z küresinin ise elektron kaybetmiş (+) yüklü olduğunu yük miktarının X'in yük miktarına eşit olduğunu söyleyebiliriz. Böyle bir elektriklenmede kürelerin yarıçaplarının işlem üzerinde etkisi yoktur. Z küresinin yük miktarına q_Z dersek;

$1 e.y = 1,6 \cdot 10^{-19}\ C$

$q_Z = 4 \cdot 10^{19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$

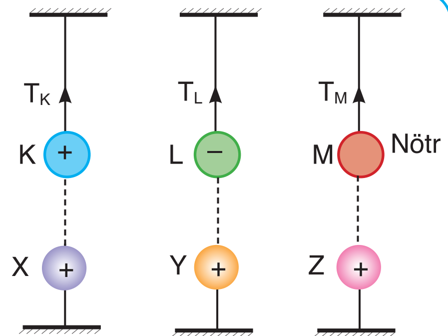
$q_Z = 6,4\ C$ bulunur.



Alıştırma 6-3

Şekildeki yalıtkan iplere asılı eşit ağırlıktaki kürelerden K(+), L(–) yüklü olup M yüksüzdür. Bu kürelerin altında (+) yüklü özdeş X, Y, Z küreleri bulunmakta iken iplerdeki gerilme kuvvetleri T_K, T_L ve T_M büyüklüğündedir.

X, Y, Z küreleri kaldırılırsa iplerdeki gerilme kuvvetleri nasıl değişir?

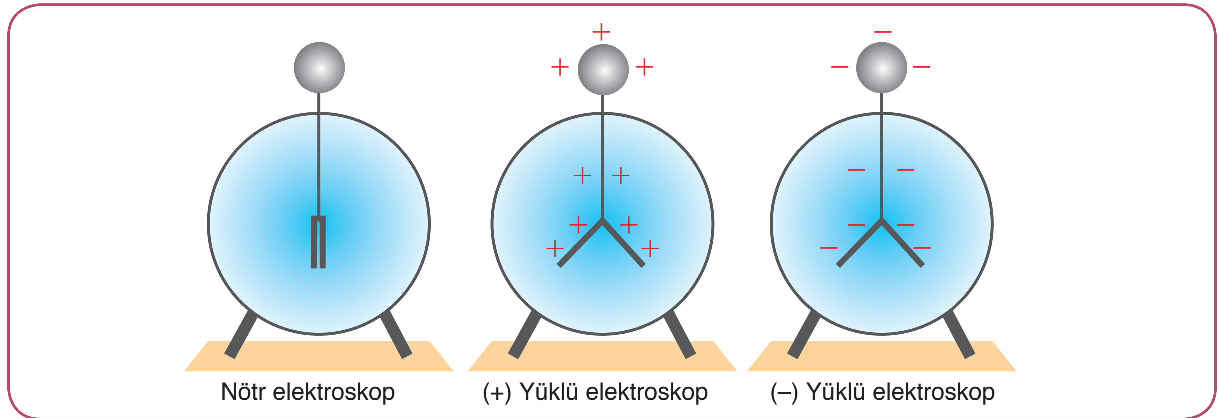


ELEKTROSKOP

Elektroskop Görsel 6.6'da görüldüğü gibi topuz denilen küresel iletken bir başlık, iletken bir gövde ve hareketli iletken yapraklardan oluşan elektriklenme olaylarını incelemede kullanılan bir araçtır.

Elektroskopun nötr veya yüklü olduğunun göstergesi yapraklar adı verilen parçalı bölümün kapalı veya açık olmasıdır. Şekil 6.9'daki gibi yapraklar birbirinin üzerinde kapalı ise elektroskop yüksüzdür. Herhangi bir yolla elektriklenmiş elektroskopta yapraklardaki fazlalık yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel itme kuvveti, yaprakların açılmasına neden olur.

Görsel 6.6: Elektroskop



Şekil 6.9: Nötr ve yüklü elektroskoplar

Elektroskop,

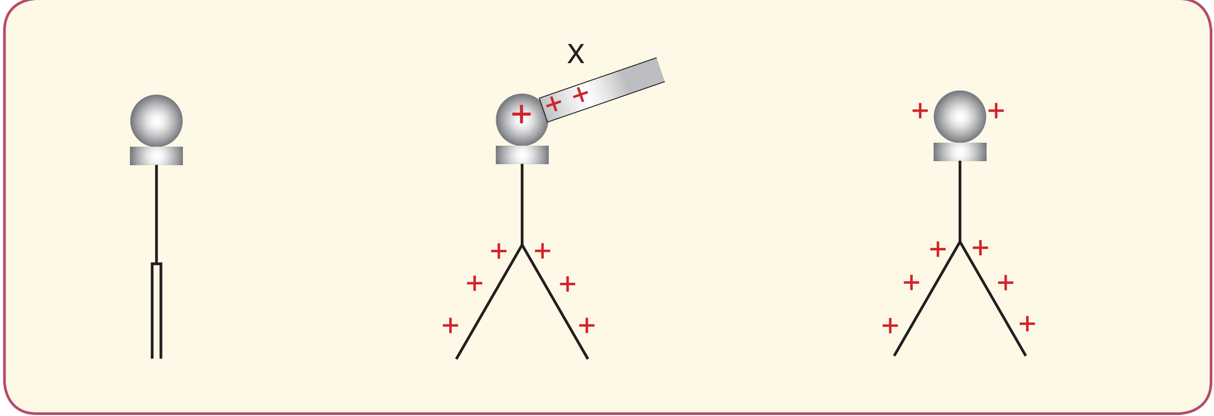
- Elektriklenmenin varlığını kanıtlar.
- Cisimlerin yüklü olup olmadığını, yüklü cisimlerin yük cinsinin tespit edilmesini sağlar.
- Cisimlerin elektriksel iletkenlik veya yalıtkanlık özelliklerinin ayrımının yapılmasına yardımcı olur.
- Cisimlerin bulunduğu ortamda radyoaktif madde varlığı tespit edebilir.
- Cisimlerin yük miktarını ölçemez.

Şimdi elektroskoplar üzerinde bu özellikleri açıklayalım.

- **Elektriklenmenin varlığını kanıtlar.**

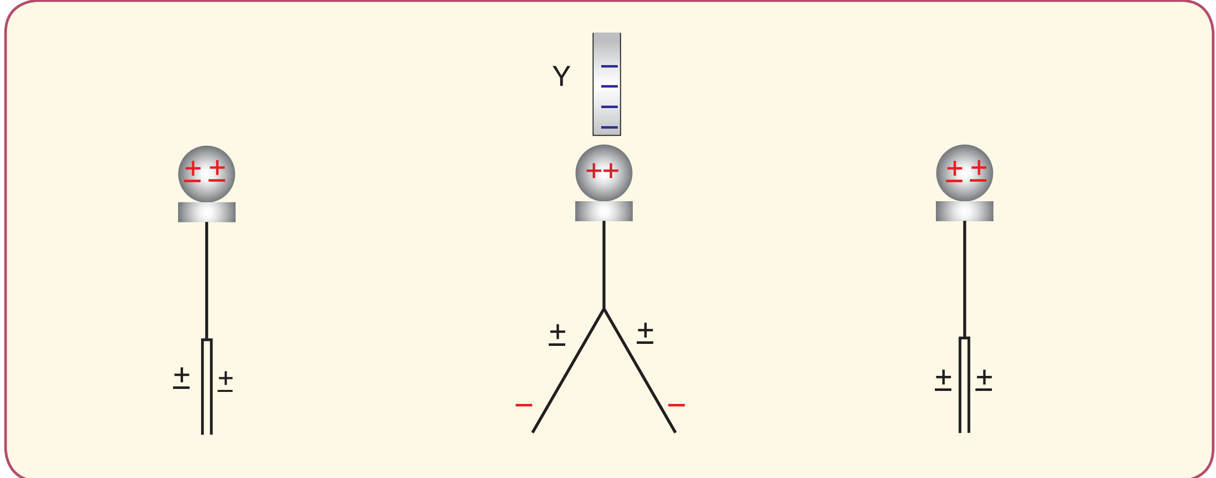
Elektroskopların elektriklenmenin varlığını kanıtladığını, Şekil 6.10'daki nötr bir elektroskopa (+) yüklü bir cismi dokundurarak anlamak mümkündür. Pozitif yüklü X cismi elektroskoptan bir miktar elektron alır ve elektroskopu da pozitif yüklü hâle getirir. X cismi kaldırıldığında elektroskop yapraklarının açıklığının değişmemesi, dokunma ile elektriklenmede elektron alışverişinin gerçekleştiğinin kanıtıdır. Bunun dışında X cismi bir başka nötr elektroskopa dokundurulursa onun da yüklenmesini sağlar ki bu durum

dokunma ile elektriklenmede yük paylaşımı olduğunu, cisimlerden biri yüklü iken diğerinin nötr kalamayacağını gösterir.



Şekil 6.10: Elektroskop dokunma ile elektriklenmenin varlığını kanıtlar.

Şekil 6.11'de ise nötr bir elektroskopa (–) yüklü Y cismi yaklaştırılmıştır. Y cismi yaklaştırıldığı topuz bölgesindeki (–) yüklere itme kuvveti uygular. Bu durumda topuzdan yapraklara itilen elektronlarla topuz (+), yapraklar eşit miktarda (–) yüklenir. Etki ile elektriklenme gerçekleşmiştir. Y cismi elektroskoptan uzaklaştırılırsa yapraklar tekrar kapanır. Bu durum etki ile elektriklenmede elektron alışverişinin bulunmadığını göstermektedir. Ayrıca bu gözlemde Y cisminin elektroskopa uzaklığı ile yük miktarının yaprak açıklığını değiştirdiğini yani elektriksel itme ve çekme kuvvetlerinin cisimlerin yük miktarına ve aralarındaki uzaklığa bağlı olduğunu da görmek mümkündür.



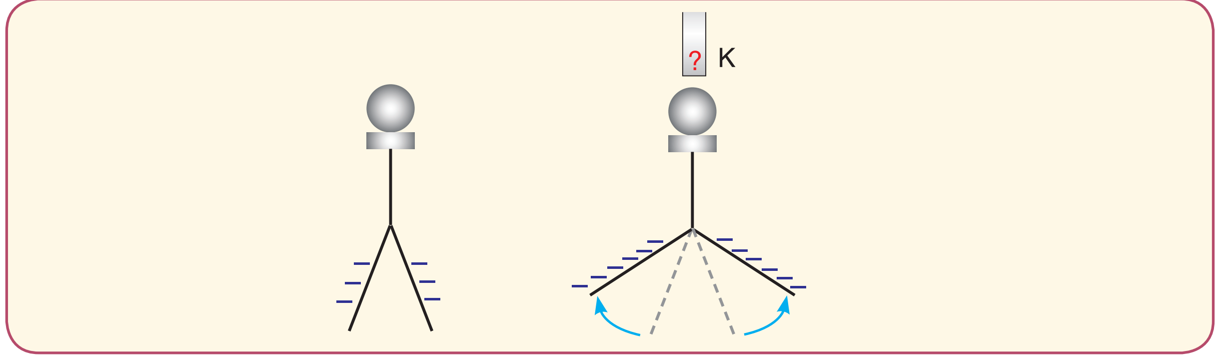
Şekil 6.11: Elektroskop etki ile elektriklenmenin varlığını kanıtlar.

- **Cisimlerin yüklü olup olmadığını, yüklü cisimlerin yük cinsinin tespit edilmesini sağlar.**

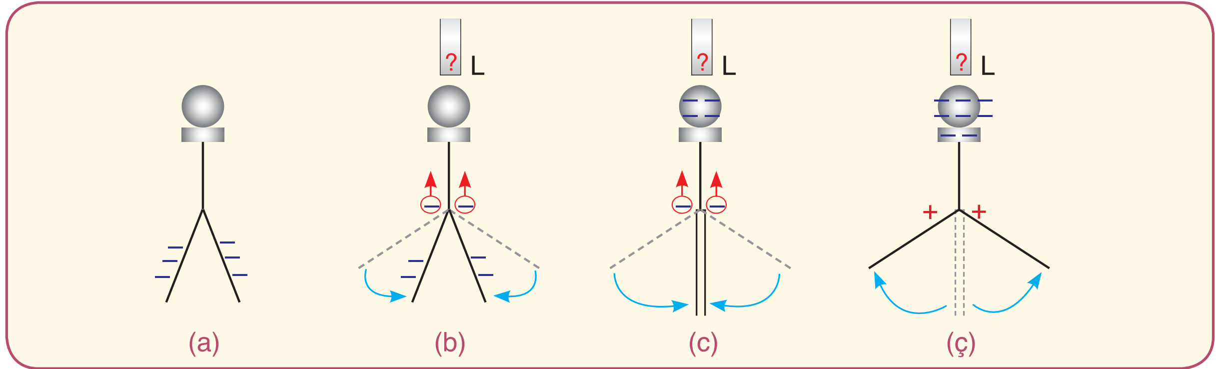
Önceden yüklü bir elektroskop topuzuna yaklaştırılan cismin yüklü olup olmadığını elektroskop yapraklarının hareketlenmesinden anlayabilirsiniz. Bunun yanı sıra elektroskopun yük cinsi biliniyorsa, yaprakların daha çok açılması veya kapanmaya başlaması yaklaştırılan cismin yük cinsinin tespit edilmesini

sağlayacaktır. Bunu Şekil 6.12 ve 6.13 a, b, c, ç'yi inceleyerek açıklayalım.

Şekil 6.12'deki elektroskop önceden (–) yüklenmiştir. Görselde yalnızca yaprakların fazlalık yükü sembolik olarak verilmiştir. Yüklemenin tüm iletken kısımlara dağıldığı unutulmamalıdır. Bu şekildeki bir elektroskopa yük cinsi bilinmeyen K cismi yaklaştırıldığında elektroskop yaprakları daha çok açılmış ise yapraklardaki (–) yük miktarının arttığını söylemek mümkündür. O halde topuzdan yapraklara (–) yük itilmiş olmalıdır. (–) yükleri ittiğine göre K cismi de (–) yüklü olmalıdır. Bu gözlemden cisim ve elektroskop aynı cins yüklü ise yaprakların açıklığı artar sonucunu çıkarmak mümkündür.



Şekil 6.12: Elektroskop yapraklarını daha çok açan yüklü K cismi



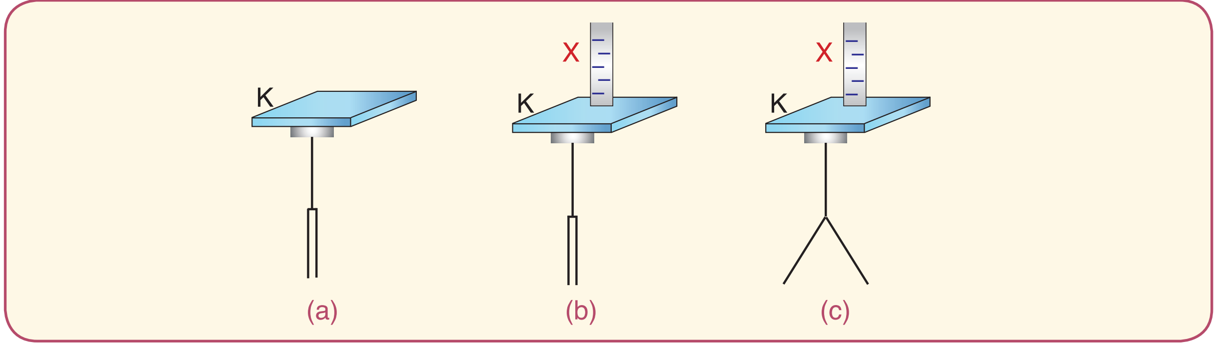
Şekil 6.13: a.Negatif yüklü elektroskop b. Yaprakların biraz kapanmasını c. Tamamen kapanmasını ç. Kapandıktan sonra tekrar açılmasını sağlayabilecek yüklü L cismi

Şekil 6.13 a'da önceden (-) yüklü elektroskopa yaklaştırılan L cismi elektroskop yapraklarında bir miktar kapanmaya neden olmuşsa yapraklardan topuza (–) yük çekilmiş demektir. (–) yüklere çekme kuvveti uyguladığına göre L cismi (+) yüklü olmalıdır. Ancak L cisminin yükünün daha fazla olması veya topuza daha yakın tutulması Şekil 6.13 c'deki gibi çekme kuvvetini artırarak tüm fazlalık yükün topuza çekilmesine de neden olabilir. Yine aynı nedenle fazlalık yükler çekildiği gibi yaprakların (-) yüklerini de topuza çekebilir. Bu durumda elektroskop yaprakları Şekil 6.13 ç'deki gibi kapandıktan sonra tekrar açılacaktır. Bu gözlemden cisim ve elektroskop zıt cins elektrikle yüklü ise yaprakların biraz veya tamamen kapanabileceği hatta kapandıktan sonra tekrar açılabileceği sonucu çıkar.

- **Cisimlerin elektriksel iletkenlik veya yalıtkanlık özelliklerinin ayrımının yapılmasına yardımcı olur.**

Nötr bir elektroskopun topuzuna yerleştirilecek bir cismin elektriksel iletkenliğe sahip olup olmadığını tespit etmek de mümkündür. Bunun için ayrımı yapılacak cisim Şekil 6.14 a, b, c'deki K cismi gibi nötr elektroskopun topuzuna yerleştirilir. X cismi gibi yüklü bir cisim, bu cisim üzerine dokundurularak

elektroskop yapraklarının hareketi gözlemlenir. Şekil 6.14 b'deki gibi yapraklar açılmıyorsa K cismi yalıtkandır kararını vermek mümkündür. Ancak yapraklar Şekil 6.14 c'deki gibi açılıyorsa hemen K cismi iletkendir ayrımı yapılamaz. X cismi uzaklaştırıldığında yaprakların tekrar kapanması mümkündür. Yani bir önceki açıklık K cismi yalıtkan olduğu halde etki ile elektriklenmenin sonucunda gerçekleşmiş olabilir. Bu nedenle X cismi uzaklaştırıldığında da yapraklar kapanmıyorsa K cisminin elektriksel iletkenlik özelliği taşıdığı söylenebilir.



Şekil 6.14: Elektroskopla cisimlerin elektriksel iletkenlik özelliği tespit edilebilir

- **Cisimlerin yük miktarını ölçemez.**

Elektroskop yapraklarının açıklığına göre aynı uzaklıkta tutulan cisimlerin yük miktarının daha az veya daha çok olduğunu karşılaştırma imkânı verir. Ancak cisimlerin yük miktarlarını belirleyemez. Cisimde kaç coulombluk yük bulunduğunu gösteren bir araç değildir. Nitel incelemelerde kullanılır.

Aşağıdaki Deney 6-3'ü yaparak bir elektroskopun dokunma ile elektriklenmesini inceleyelim.

Deney 6-3

Dokunma ile Elektriklenen Cisimlerin Özelliklerinin İncelenmesi

Deneyin Uygulanışı

Araç ve Gereçler
- Elektroskop
- Ebonit çubuk
- Cam çubuk
- Yünlü kumaş parçası
- İpekli kumaş parçası

1. Sınıf mevcuduna ve malzeme durumuna göre gruplar oluşturunuz. Grup üyeleri arasında görev dağılımı yapınız.

2. Ebonit çubuğu yünlü kumaş parçasına sürtüp resimdeki gibi nötr elektroskopun topuzuna dokundurunuz.

3. Ebonit çubuğu elektroskopun topuzundan uzaklaştırınız. Elektroskopun yapraklarını gözlemleyiniz.

4. Cam çubuğu ipekli kumaş parçasına sürtüp yüklü elektroskopun topuzuna dokundurunuz. Yapraklardaki değişmeyi gözlemleyiniz.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Ebonit çubuk, elektroskopun topuzuna dokundurulduğunda yaprakların konumunda nasıl bir değişme oldu?

2. Ebonit çubuk elektroskopun topuzundan uzaklaştırıldığında yaprakların konumu nasıl değişti?

3. Cam çubuk yüklü elektroskopun topuzuna dokundurulduğunda yaprakların konumunda nasıl bir değişme oldu?

Yukarıdaki deneyde yüklü bir cismi nötr bir elekroskopun topuzuna dokundurduğunuzda yaprakların açıldığını gözlemlediniz. Bunun nedeni negatif yüklü ebonit çubuktan elektroskopa yük (elektron) geçişi olması ve yaprakların aynı cins elektrikle yüklenerek birbirini itmesidir. Ebonit çubuk uzaklaştırıldığında yaprakların açık kalması dokunma ile elektriklenmenin kalıcı olduğunu gösterir. Yüklü elektroskopa yüklü cam çubuk dokundurulduğunda ise yaprakların açıklığı azalmış veya tamamen kapanmış ya da kapandıktan sonra tekrar açılmış olabilir. Bu durum elektroskop ile cam çubuğun zıt cins elektrikle, ancak ebonit çubuk ile elektroskopun aynı cins elektrikle yüklü olduğunu göstermektedir. Deney aynı zamanda elektrikle yüklü bir cismin nötr bir cisme dokundurulduğunda onu da aynı cins elektrikle yüklediğini kanıtlamaktadır.

Bilgi İletişim Teknolojisi

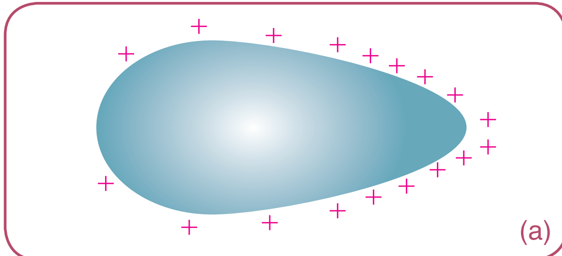
Sürtünmeyle ve etki ile elektriklenme olaylarını aşağıdaki Genel Ağ adresinden izleyebilirsiniz.

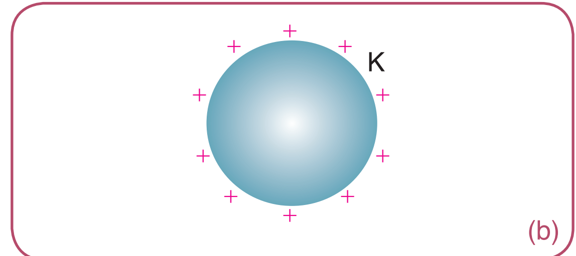
https://goo.gl/c276kS

6.1.2. Elektriklenen İletken ve Yalıtkanlarda Yük Dağılımları

Maddede elektriksel iletkenlik özelliğinin serbest elektron hareketi ile ortaya çıktığını öğrendik. Bu özelliği taşıyan maddeler yüklendiğinde madde elektron hareketine izin verdiği için yük iletkenin yüzeyine dağılır. Bir katı iletken net bir yük taşıdığında yükün daima iletkenin dış yüzeyinde toplandığı kanıtlanmıştır. Örneğin Şekil 6.15 a'daki gibi gelişigüzel biçimli bir iletken katı cisimde bütün yükler iletken yüzeyindedir. Ancak sivri uçlarda yük yoğunluğu daha fazla olur.

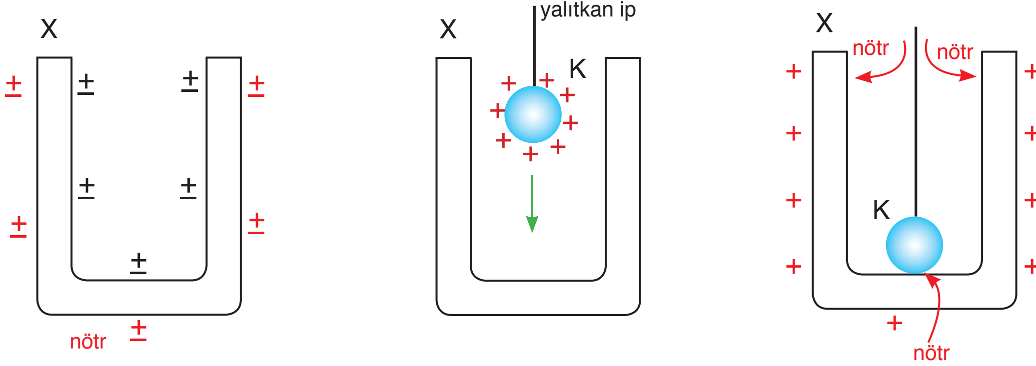
İletken cisim, Şekil 6.15 b'deki gibi küresel yapıya sahip ise yük dağılımı yine küresel kısmın dış yüzeyinde olur ve yükün dağılımı düzgündür. Yani iletken küresel cismin yüzeyindeki her bölgede yük yoğunluğu aynıdır.





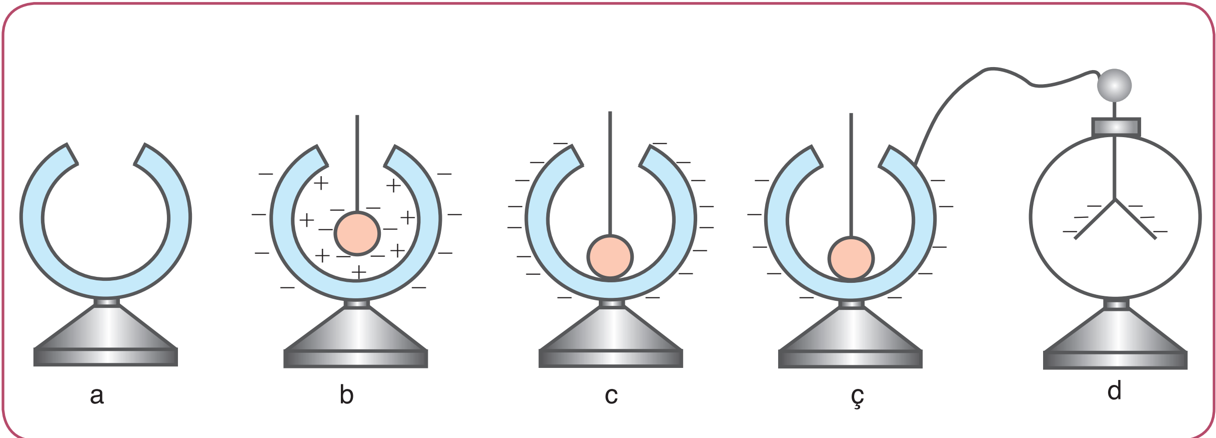
Şekil 6.15: a) Elektriksel iletkenlik özelliğe sahip gelişigüzel bir katı cisimde yük dağılımı b) İletken küresel bir cisimde yük dağılımı

Elektriksel iletken cisimlerin yüklendiğinde yüklerin dış yüzeyde bulunması içi boş küre, silindir veya oyuk içinde yük bulunmayacağını gösterir. Bu durumu Şekil 6.16'daki gibi iletken, içi boş silindirde inceleyelim.



Şekil 6.16: İletken içi boş silindirde yük dağılımı

Elektriksel iletkenlik özelliği taşıyan nötr X cisminin iç kısmına Şekil 6.16'daki gibi (+) yüklü bir K cismi dokundurulursa K cismine elektron akışı başlar. Ancak burada önceki yükün iki cisim arasında paylaşımından söz edilemez. Silindirin dış yüzeyinden iç kısmına geçen elektronlar K cismini nötr hâle getirir.



Şekil 6.17: İçi boş iletken küresel cisimde yük dağılımı

Bu durumu Şekil 6.17 a, b, c ve ç'deki gibi içi boş, iletken, küresel cisim üzerinde de örneklendirebiliriz. Küresel cismin içerisine Şekil 6.17 b'deki gibi (–) yüklü bir cisim yalıtkan bir iple tutularak sarkıtılırsa önce etki ile elektriklenme olur. Kürenin dış yüzeyi (–) iç kısmı (+) yüklü hâle geçer. Eğer Şekil 6.17 c'deki gibi (–) yüklü cisim kürenin iç kısmına dokundurulursa kendisi ve kürenin iç kısmı nötr, içi boş, iletken kürenin dış yüzeyi ise (–) yüklü olur. İçi nötr dış yüzeyi (–) yüklü olan, içi boş, iletken küre Şekil 6.17 ç'deki gibi önceden nötr olan bir elektroskopa iletken bir telle bağlanırsa (–) yükler iletken küre ile elektroskop arasında Şekil 6.17 d'deki gibi paylaşılır. Ancak bu halde iken de iç kısım ve iç kısma dokundurulmuş ipe bağlı cisim nötr durumdadır.

İletken, içi boş, küresel cisimlerin yükünün cismin yüzeyinde olduğunu 1836 yılında Micheal Faraday (Maykıl Faraday) bulmuştur. Faraday kafesi adıyla bilinen kafes iletken tellerle bir cismin ağ şeklinde kaplanması ile oluşur. Kafes içerisinde kalan kısım Görsel 6.7deki gibi yük akışından korunur ki bu oldukça önemli sonuçlar veren bir buluştur.

Bu kafesler sayesinde yüksek binalar, uçaklar, yanıcı ve patlayıcı maddelerin bulunduğu bölgeler, tarihi yapılar yalnızca yıldırımdan değil tüm statik elektrik boşalmalarından korunur.

Görsel 6.7: Faraday kafesi

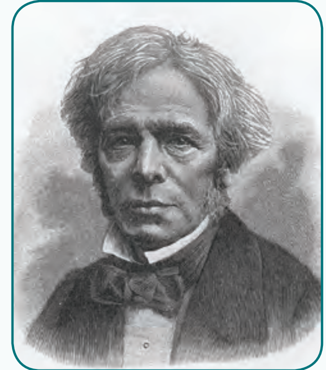
Araştıralım

Yıldırım düşmesine karşı binalar ve uçaklar nasıl korunur? Araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

Okuma Metni

Michael Faraday

19. yüzyılın en büyük bilim insanlarından olan Faraday elektromanyetik indüksiyonu, elektroliz kanunlarını, ışıkla manyetizma arasındaki temel bağlantıları bulmuştur. Bu başarılı keşifleri sayesinde Faraday, modern elektromanyetik alanlar teorisini meydana getiren kavramların temellerini atmıştır. Bugün bütün elektrik motorları ve dinamolar bu esaslara dayanarak yapılmaktadır. Bu nedenle Faraday, elektrik çağının başlamasını sağlayan bilim insanlarından biri olarak kabul edilmektedir.



Faraday'ın insanlığa bir başka önemli katkısı da elektrik akımı birimi "amper"in kesin tanımını vermiş olmasıdır. Elektroliz sistemlerindeki "elektrolit", "iyon", "elektrot", "katot" ve "anot" gibi kavramların keşfini de ona borçluyuz.

Faraday, 1836 yılında kendi adıyla bilinen "Faraday kafesi"ni icat etmiştir.

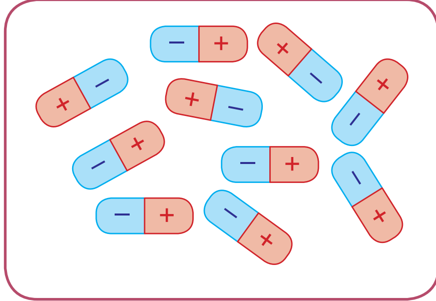
Faraday'ın en önemli eserleri şunlardır: Experimental Researches in Electricity (Elektrik Üzerine Deneysel Araştırmalar), Experimental Researches in Chemistry and Physics (Kimya ve Fizik Üzerine Deneysel Araştırmalar), On The Various Forces In Nature (Tabiattaki Çeşitli Kuvvetler Üzerine).

(Yazar tarafından derlenmiştir.)

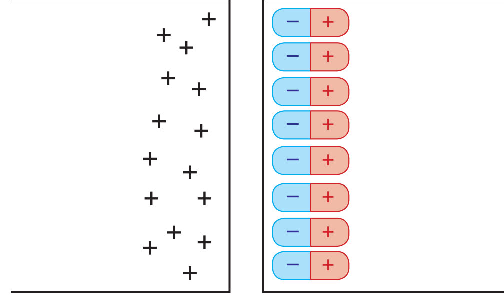
Yalıtkan maddelerde serbest elektron bulunmadığını bu nedenle üzerlerinden yük akışı sağlanamadığını öğrendik. Bu maddelere dielektrik madde de denir. Dielektrik maddede dielektriği oluşturan kutuplu

moleküller bulunur. Bu kutuplu moleküllere dipoller adı verilir. Dipoller herhangi bir elektriksel etki bulunmadığında madde içerisinde Şekil 6.18'deki gibi gelişigüzel dağılım gösterirler.

Ancak yalıtkan maddenin yakınında yüklü bir cisim bulundurulursa yalıtkanın bu bölümünde yükler Şekil 6.19'daki gibi dizilirler.



Şekil 6.18: Yalıtkan maddede dipoller gelişigüzel dağılım gösterirler.



Şekil 6.19: Yalıtkan maddede elektriksel etki ile dipollerin dizilişi

Dielektrik maddede bu sıralanış yüklü cismin bulunduğu bölgeden uzaklaştıkça düzgünlüğünü kaybeder. Bu durum yalıtkan cismin yüklü hâle getirilse de yüklemenin cismin tüm bölgesine dağılmamasına açıklık getirmektedir.

Aşağıdaki Deney 6-4'ü yaparak yalıtkan cisimlerdeki yük dağılımını gözlemleyelim.

Deney 6-4

Yalıtkan Cisimlerde Yük Dağılımı

Deneyin Uygulanışı

1. Balonu şişirerek ağzını bağlayınız.

2. Balonun bir tarafını yünlü kumaşa sürtünüz.

3. Balonun kumaşa sürttüğünüz kısmını kâğıt parçalarına yaklaştırınız.

4. Balonun kumaşa değmeyen kısmını kâğıt parçalarına yaklaştırınız.

Araç ve Gereçler

- Plastik balon
- Yünlü kumaş
- Kâğıt parçaları
- İp

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Şişirilmiş balonun kumaşa değen kısmını kâğıt parçalarına yaklaştırınca ne gözlemlediniz?

2. Şişirilmiş balonun kumaşa değmeyen kısmını kâğıt parçalarına yaklaştırdığınızda ne gözlemlediniz?

Deneyde şişirilmiş balonun kumaşa sürtülen kısımları kâğıt parçalarını çekti. Bunun nedeni balonun elektrik yükü ile yüklenmesidir. Kumaşa değmeyen kısımların kâğıt parçalarını çekmemesi bu kısımda elektrikle yüklenme olmadığını gösterir.

Yalıtkan, elektrik akımı taşıyabilecek serbest elektronları olmayan, elektrik iletkenliği sıfır veya çok zayıf olan maddedir. Öz dirençleri çok yüksek olduğundan elektrik akımlarını ancak güçlükle geçirebilen maddelerdir. Ancak maddenin dielektrik özelliğinin koşullara bağlı değişebilen bir özellik olduğu unutulmamalıdır. Mutlak dielektrik madde yoktur. Sıcaklık, nem gibi fiziksel koşullar yalıtkanlığı bozabilir. Örneğin cam yaklaşık 200 °C'ta iletken hâle geçer. Çok yüksek gerilimde gazlar da iletken olabilir.

İletken cisimlerdeki yük dağılımını gözlemlemek için aşağıdaki Deney 6-5'i yapalım.

Deney 6-5

Yüklü İletken Cisimlerde Yük Dağılımı

Deneyin Uygulanışı

Araç ve Gereçler
- Cam çubuk
- Elektroskop
- İpek kumaş
- Cezve

1. Cam çubuğu ipek kumaşa sürterek yükleyiniz.

2. Yüklü cam çubuğu, önce cezvenin dış yüzeyine sonra da elektroskopun topuzuna dokundurunuz.

3. Cam çubuğu ipek kumaşa sürterek tekrar yükleyiniz.

4 Yüklü cam çubuğun sürtülen kısmının tamamını önce cezvenin iç yüzeyine sonra da elektroskopun topuzuna dokundurunuz. Yaprakların konumundaki değişmeyi gözlemleyiniz.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Deneyin 2. adımında elektroskopun yapraklarının konumunda nasıl bir değişme gözlemlediniz?

2. Deneyin 4. adımında elektroskopun yapraklarının konumunda nasıl bir değişme gözlemlediniz?

3. İki durumun birbirinden farklı olmasının nedeni ne olabilir?

Yaptığınız bu deneyde yüklü cam çubuğu önce cezvenin dış yüzeyine sonra da elektroskopun topuzuna dokundurduğunuzda elektroskopun yaprakları açıldı. Çünkü yüklü cam çubuk cezvenin dış yüzeyine dokununca yükünü paylaşır ve sonunda yine yüklü kalır. Bu nedenle cam çubuk dokunduğunda elektroskopu yükler ve elektroskopun yaprakları açılır. Ancak yüklü cam çubuk cezvenin iç yüzeyine dokundurulduğunda yükün tamamı cezvenin dış yüzeyinde toplanacağı için çubuk yüksüz kalır. Bu nedenle çubuk sonradan elektroskopa dokundurulduğunda yapraklarda bir değişme gözlenmez. Ancak sürtünmeyle elektriklenmiş bir yalıtkanın yani camın yükünü dokundurduğunuz yüzeye tam olarak aktarması için sürtülen yüzeyin tamamen iletkene dokunması gerektiğine dikkat edilmelidir.

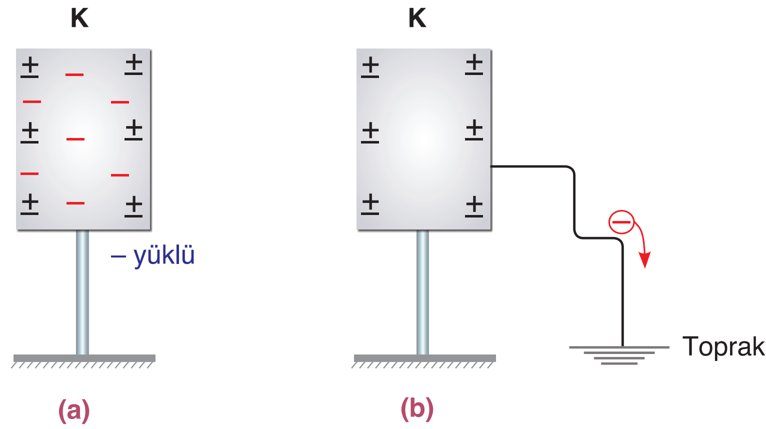
Bilgi İletişim Teknolojisi

İletken ve yalıtkanlarda elektron hareketini gözlemlemek için aşağıdaki Genel Ağ adresinden yararlanabilirsiniz.

https://goo.gl/bbPKKq

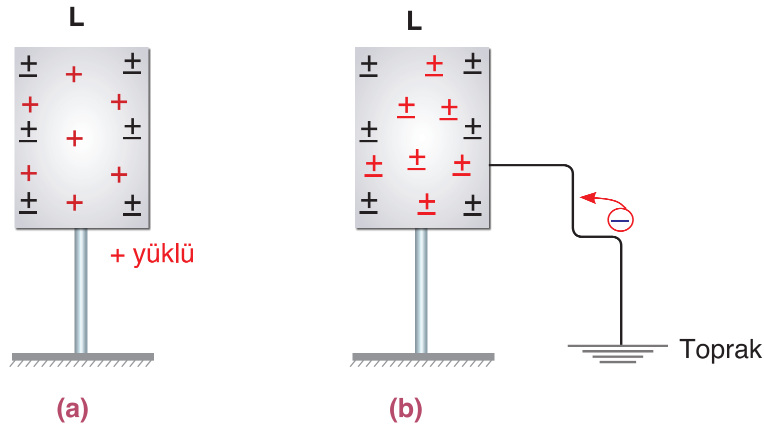
Topraklama

İletken yüklü bir cismin toprakla bağlantısı sağlanırsa cisim nötr hâle gelir. Bu olaya topraklama denir. Topraklama aslında yüklü iletken cisim ile iletken olan Dünya'nın birbirine dokundurulmasıdır. Dokunma ile elektriklenmede cisimlerden birinin nötr diğerinin yüklü halde bulunamayacağını öğrendik. Ancak Dünya'nın boyutu ile toprakladığımız cismin boyutu arasındaki büyük farklılıktan dolayı yüklü cismin nötr hâle geçtiği düşünülür.



Şekil 6.20: a. (–) yüklü cisim b. (–) yüklü cismin topraklanması

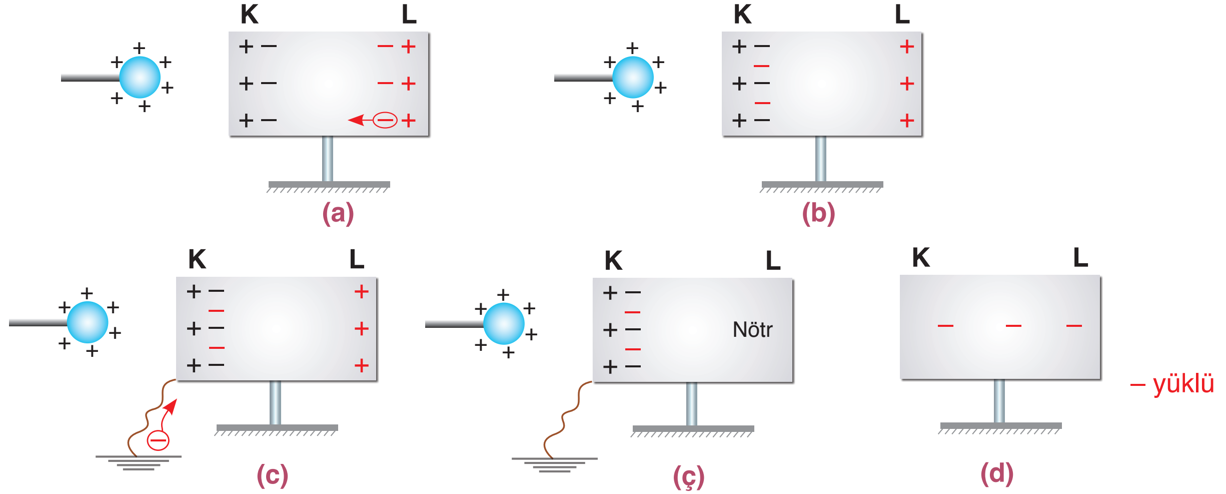
Şekil 6.20 a'daki (–) yüklü iletken cismin Şekil 6.20 b'deki gibi bir iletken tel ile toprakla bağlantısı sağlanırsa K cisminden toprağa elektron akışı başlar. Teorik olarak K cisminin nötr hâle gelmesi sağlanır.



Şekil 6.21: a. (+) yüklü cisim b. (+) yüklü cismin topraklanması

Şekil 6.21 a'daki pozitif yüklü L cisminin Şekil 6.21 b'deki iletken bir telle toprakla teması sağlanırsa L cismi elektron ihtiyacını topraktan karşılar ve nötr hâle geçer.

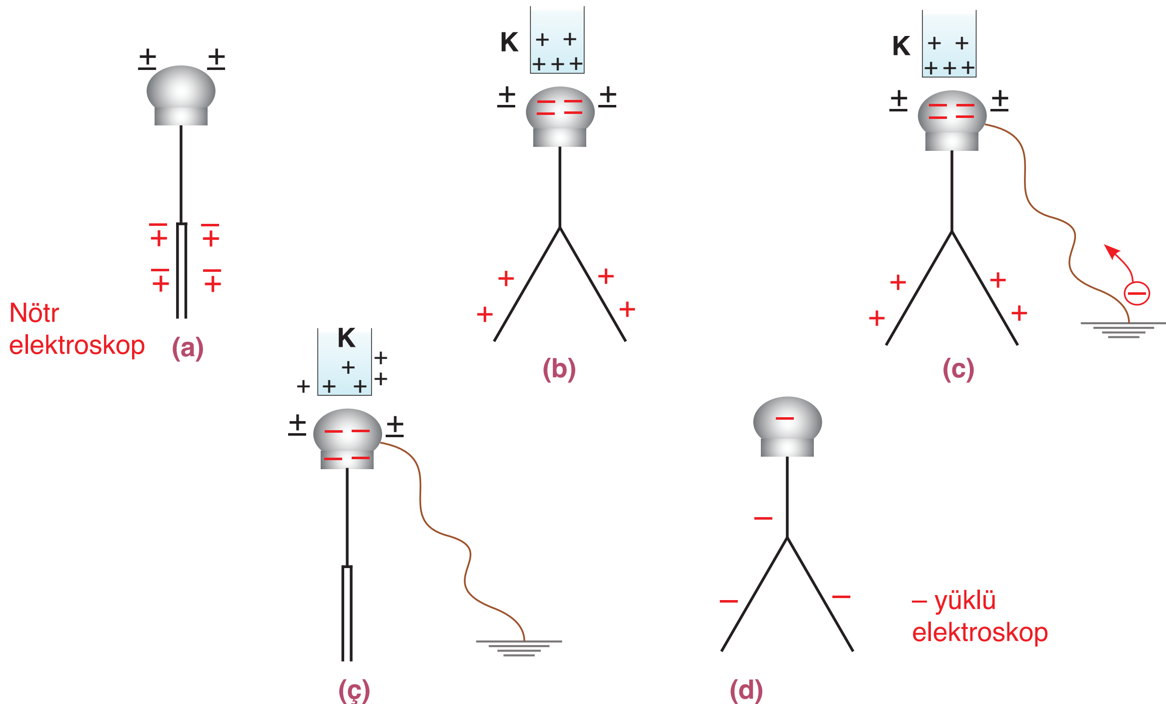
Topraklama ile yüklü bir cismin nötr hâle gelmesi sağlanırken nötr bir iletken cismin de yüklü hâle geçmesi mümkündür. Bunun için Şekil 6.22 a, b, c, ç, d ve 6.23 a, b, c, ç, d'deki gibi etkiyle elektriklenme ile topraklama olayları birlikte kullanılır.



Şekil 6.22: Nötr bir cismin topraklama ile yüklü hâle gelmesi

Şekil 6.22 a'daki nötr KL cismine pozitif yüklü bir cisim yaklaştırılırsa KL cismi b'deki gibi etki ile elektriklenir. K ucu (–), L ucu (+) yüklü olur. Cismin herhangi bir bölgesinden toprakla bağlantısı sağlanırsa K ucundaki (–) yükler etki nedeniyle toprağa akamaz ancak L ucundaki elektron eksikliği topraktan karşılanarak nötrlenir (Şekil 6.22 c ve ç). Bundan sonra önce toprak bağlantısı kesilir sonra etki uzaklaştırılırsa cisim (–) yüklü hâle geçer.

Bu olayı Şekil 6.23 a, b, c, ç ve d'deki bir elektroskop üzerinde de görebiliriz.

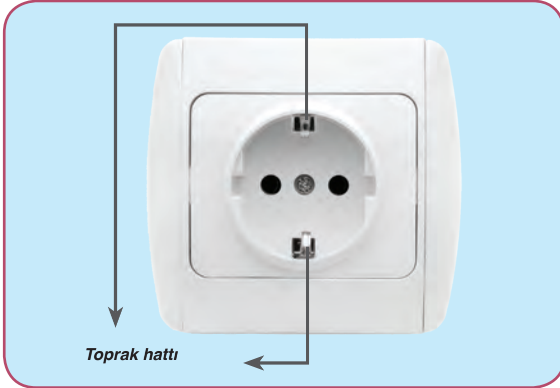


Şekil 6.23: Nötr bir elektroskopun topraklama ile yüklü hâle getirilmesi

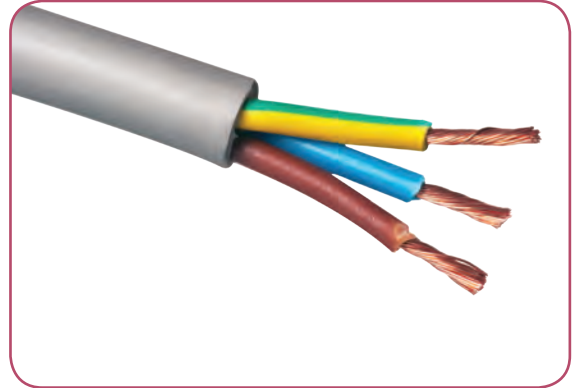
Şekil 6.23 a'daki gibi nötr bir elektroskopun topuzuna b'deki gibi pozitif yüklü K cismi yaklaştırılırsa etki ile elektriklenme gerçekleşir ve elektroskop yapraklarından topuza elektron çekilir. Elektroskop Şekil 6.23 c'deki gibi topuzdan toprağa bağlansa da topuzdaki (–) yükler K cisminin etkisinde toprağa akamaz. Yapraklardaki elektron eksikliği topraktan karşılanarak ç'deki gibi yaprakların kapanması sağlanır. Bundan sonra önce toprak bağlantısı kesilir sonra yüklü K cismi kaldırılırsa iletken parçalara yük dağılır, elektroskop Şekil 6.23 d'deki gibi (–) yükle yüklenmiş olur.

Topraklama olayının günlük hayatımızda yeri oldukça önemlidir. Elektrikle çalışan cihazlarda meydana gelebilecek bir elektrik kaçağı insan hayatını tehlikeye sokabilir. Aynı zamanda cihazların kullanım süresini riske atar. Bunu önlemek için topraklama işlemi yapılır. Görsel 6.8'deki gibi topraklı prizlerin kullanılması ile topraklama yapmak mümkündür. Topraklı prizlerde fiş girişinin dışında ek olarak bir metal çıkıntı görürsünüz. Bu bölüm bina bölgesinde toprağa yerleştirilen bakır çubuk veya levhaya bağlı bağlantı kablosunun bulunduğu yerdir. Bu sayede tüm elektrikli cihazların topraklanması gerçekleştirilmiş olur.

Topraklı priz ve fişlere bağlanan enerji kablolarında farklı renklerde üç adet bağlantı kablosu vardır. Bu renklerden sarı ve yeşil (Görsel 6.9) toprak bağlantısını gösterir.



Görsel 6.8: Topraklı prizler



Görsel 6.9: Toprak hatlı elektrik kablosu

Cihazların ve en önemlisi insan hayatının korunması açısından topraklama yasal bir zorunluluktur. Toplum kurallarına ve yasalara uyarak vatandaşlık görevini yerine getirmek, toplumun refahı için gereklidir.

Yine günlük hayatta kullanılan paratonerler de topraklama olayını gerçekleştiren basit düzeneklerdir. Görsel 6.10'daki gibi yüksek yapılara yerleştirilen paratonerler topraklanmış iletken çubuklardır. Bu işlem yüklü bulutlar ile toprak arasındaki bağlantıyı sağlayarak yıldırımın diğer bölgelerde verebileceği zararı önlemiş olur.

Görsel 6.10: Paratonerler yerleşim yerlerinde cami gibi yüksek yapılara yerleştirilir.

Paratonerin icadı elektriksel olaylarla ilgili deneyler yapan Benjamin Franklin (Benjamin Fıranklin) tarafından yapılmıştır.

Yağmur bulutlarının statik elektrikle yüklü olduğunu düşünen Benjamin Franklin Görsel 6.11'de sembolik olarak gösterilen bir deney yaptı. Fırtınalı bir havada uçurtma uçurmaya çalışarak uçurtmanın ipini bir metal anahtara bağladı. Düşüncesine göre yük akışı bu metal iletkenle toprak arasında gerçekleşecekti. Ancak bu deneyde iki yardımcısını kaybetti. Çünkü yalıtkan olan ip yağmurlu havada ıslandığı için elektriği iletir hâle geçmişti. Franklinin paratoneri icadı bu deneyden sonra gerçekleşmiştir.

Görsel 6.11: Benjamin Franklin'in uçurtma deneyinin sembolik resmi

Çalışkan insanlar aldıkları sorumlulukları tüm riskleri taşıyarak yerine getiren insanlardır. Toplumun ilerlemesi bu prensiplerle çalışan insanlar sayesinde olur. Ayrıca pek çok bilim insanının özellikleri arasında öz güven ve çalışma azmi bulunduğunu görüyoruz. Öz güven ve çalışma azmi insanları başarıya götüren, girdikleri işlerde sonuç almasını sağlayan değerlerdir.

6.1.3. Elektrik Yüklü Cisimler Arasındaki Etkileşim

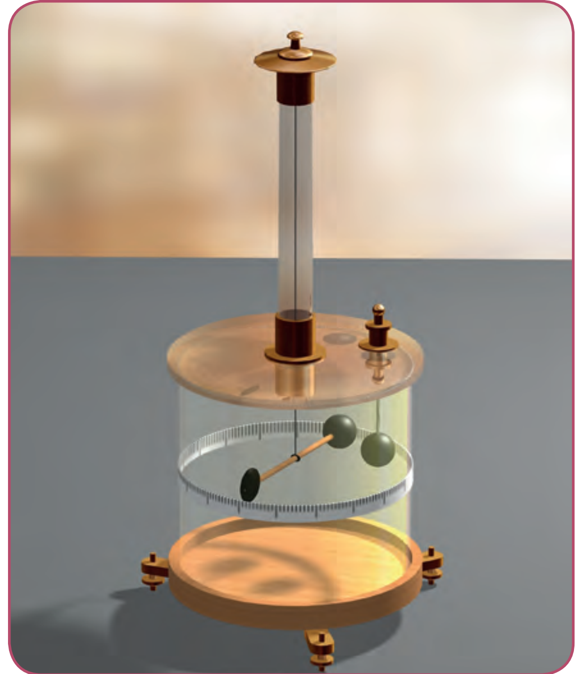
Sürtünme ile elektriklenmiş bir tarağın kâğıt parçalarını çekmesi ancak yüklü iki cam çubuğun birbirini itmesi elektrikle yüklenmiş cisimler arasında kuvvet bulunduğunun kanıtıdır. Bu itme veya çekme kuvvetlerine elektriksel kuvvet adı verilir. 1785 yılında Charles Augustin de Coulomb (Çarls Ogüstin dö Kulon) elektriksel kuvvet büyüklüğünü belirlemiştir.

Deneylerinde kendi buluşu olan ve burulma terazisi adı verilen Görsel 6.12'deki gibi bir düzeneği kullanan Coulomb elektriksel kuvvet bağıntısını bu çalışmalar sonucunda ortaya atmıştır.

Şimdi bizde bu büyüklüğün nelere bağlı olduğunu deneyler yaparak görelim.

I. Elektriksel Kuvvetin Yük Miktarına Bağlılığı

Yüklü iki cisim arasındaki kuvvet-yük miktarı ilişkisini Deney 6-6'yı yaparak gözlemleyelim.



Görsel 6.12: Coulomb'un burulma terazisi

Deney 6-6

Yüklü İki Cisim Arasındaki Kuvvet-Yük Miktarı İlişkisinin Araştırılması

Araç ve Gereçler

- Elektrik sarkacı
- Cam çubuk (2 adet)
- Beherglas
- Üçayak
- Destek çubuğu
- Bağlama parçası
- İpek kumaş parçası

Deneyin Uygulanışı

1. Dörder kişilik gruplar oluşturunuz. Grup üyeleri arasında görev dağılımı yapınız.

2. Deney 6-2'de açıklandığı gibi elektrik sarkacını hazırlayınız.

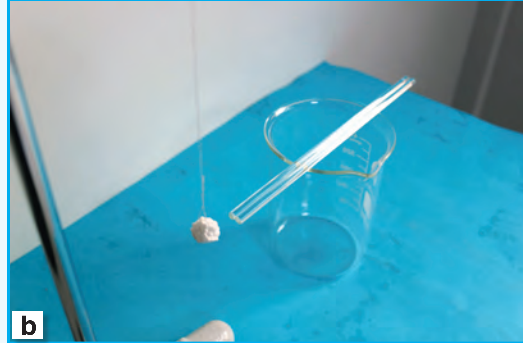
3. Cam çubuğu ipek kumaş parçasına sürterek elektrikleyiniz. Cam çubuğu elektrik sarkacına dokundurarak onu da pozitif yükle yükleyiniz.

4. Cam çubuğu beherglas üzerine elektrik yükü ile yüklü ucu sarkacın karşısına gelecek şekilde yerleştiriniz. Sarkacın hareketlerini gözlemleyiniz. Ne kadar uzaklaştığına dikkat ediniz.

5. Sürtünme ile elektriklediğiniz ikinci cam çubuğu diğer çubuğun yanına yerleştiriniz.

6. Sarkacın konumunu gözlemleyiniz.

a


b

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

1. Sarkaç ipinin denge konumu ile yaptığı açının büyümesi kuvvetin arttığını gösterir mi?

2. Yüklü cisimler arasındaki kuvvet cisimlerdeki yük miktarına bağlı mı?

Yaptığımız deneyde yük miktarı arttığında sarkacın denge konumuyla yaptığı açının büyümesi etkileşme kuvvetinin büyüdüğünü gösterir. Deneyde cam çubuklar sürtünme ile elektriklenmiştir. Çubuklardaki yük miktarı aynı olamayacağından iki çubuğun oluşturduğu itme kuvveti tek çubuğun oluşturduğu itme kuvvetinin iki katı olmayabilir.

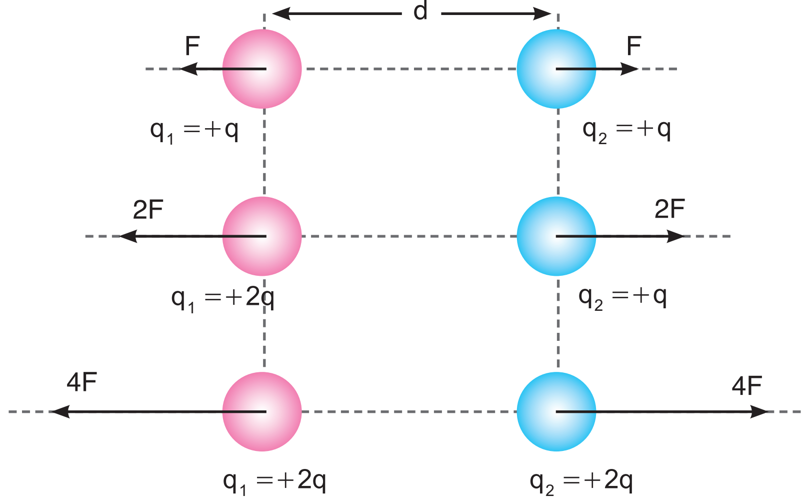
Yapılan hassas deneyler, yükleri q_1 ve q_2 olan iki cisim arasındaki itme veya çekme kuvvetinin her iki cismin yükü ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Buna göre yüklü cisimler arasındaki etkileşme kuvveti yüklerin çarpımı ile de doğru orantılıdır.

Kuvvet, yüklerin merkezlerini birleştiren çizgi doğrultusundadır. q_1 yükü q_2 yüküne ne kadarlık bir kuvvet uygularsa q_2 yükü de q_1 yüküne aynı büyüklükte zıt yönlü bir kuvvet uygular.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Yüklü cisimler arasındaki itme veya çekme kuvvetinin büyüklüğü hesaplanırken bu nedenle yükler çarpımı alınır. Yüklü cisimlerin aralarındaki uzaklık (d) sabit iken yük miktarının artması kuvvet şiddetini Şekil 6.24'teki gibi değiştirir.

$F \alpha\, q_1 \cdot q_2$



Şekil 6.24: Yüklü cisimlerin yük miktarının değişimi her iki yüke etkiyen kuvveti, çarpımları ile doğru orantılı değiştirir.

II. Elektriksel Kuvvetin Uzaklığa Bağlılığı

Elektriksel itme veya çekme kuvvetinin uzaklığa bağlılığı da Coulomb tarafından belirlenmiştir. Uzaklığın elektriksel kuvvet şiddetini nasıl etkilediğini biz de Deney 6-7 ile saptayabiliriz.

Deney 6-7

Yüklü İki Cisim Arasındaki Kuvvetin Uzaklığa Bağlılığı

Deneyin Uygulanışı

Araç ve Gereçler
- Elektrik sarkacı
- Cam çubuk
- Beherglas
- Üçayak
- Destek çubuğu
- İkili bağlama parçası
- İpek kumaş parçası

1. Elektrik sarkacını hazırlayınız. Sarkacı, yüklü cam çubuktan yararlanarak pozitif elektrik yükü ile yükleyiniz.

2. Cam çubuğu ipek kumaş parçasına sürterek yeniden yükleyiniz ve resimdeki gibi sarkaca belirli bir uzaklıkta tutarak sarkacın durumunu gözlemleyiniz.

3. Yüklü cam çubuğu sarkaca yaklaştırınız. Sarkacın hareketini gözlemleyiniz.

4. Cam çubuğu biraz uzaklaştırınız. Sarkacın konumunu gözlemleyiniz.

Deney Sonu Değerlendirme Soruları

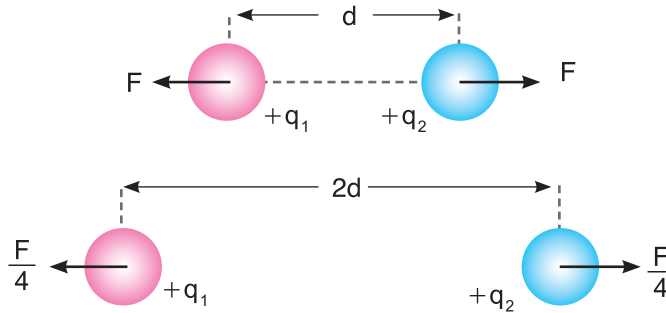
1. Sarkacın denge konumuyla yaptığı açı, kuvvetin büyüklüğü için ölçü olabilir mi?

2. İtme kuvveti uzaklık arttıkça nasıl değişiyor?

Coulomb pozitif ve negatif yüklü cisimlerle yaptığı deneyler sonucunda elektriksel kuvvetin yükler arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu ispatlamıştır. Daha sonraki yıllarda Cavendish (Kavendiş) ve Maxwell'in (Maksvel) yaptığı deneyler de bu sonucu doğrulamıştır. Bu sonuç

$F \alpha \frac{1}{d^2}$ şeklinde ifade edilir.

Şekil 6.25'te q_1 ve q_2 yük miktarları sabit iken parçacıkların kütle merkezlerinden itibaren aralarındaki uzaklık iki katına çıkarılmış bu durumda birbirlerine uyguladıkları elektriksel itme kuvveti dörtte birine düşmüştür.



Şekil 6.25: Yükleri sabit tutulan parçacıkların aralarındaki uzaklığın değişimi elektriksel kuvvet şiddetini değiştirir.

III. Elektriksel Kuvvetin Yüklerin Bulunduğu Ortama Bağlılığı

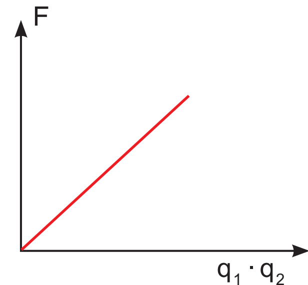
Elektriksel itme veya çekme kuvvetine ilişkin yaptığımız deneyler hava ortamında gerçekleştirilmiştir. Boşlukta yapılan deneyler de yaklaşık bu sonuçları vermektedir. Ancak yüklerin bulunduğu ortam bunların dışında bir ortam olursa elektriksel kuvvet şiddeti boşluktaki veya havadaki şiddetinde kalabilir mi?

Yapılan deneyler yüklü cisimler arasında ebonit bulunursa kuvvetin 2,8 kat, parafin bulunduğunda ise 5-7 kat azaldığını göstermektedir. Bu durum yüklü cisimlerin birbirleriyle etkileşirken aralarını dolduran ortam molekülleriyle de etkileştiğini anlatmaktadır. Ortamın molekül sayısı, molekül büyüklüğü ve cinsi elektriksel kuvvet şiddetini etkilemektedir.

Elektriksel Kuvvetin Yük, Uzaklık Ve Ortama Bağlı İfadesi

Yapılan deneyler Coulomb Yasası'nın ifadesini belirlemektedir. Elektriksel itme veya çekme kuvvetinin şiddeti,

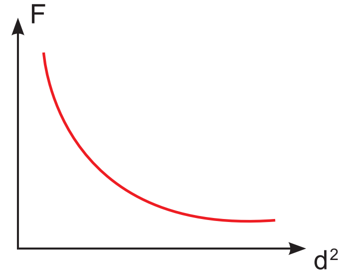
1. Yük miktarlarının çarpımı ile doğru orantılıdır $(F \alpha\, q_1 \cdot q_2)$. Şekil 6.26'da bu doğru orantılı değişim grafikle anlatılmıştır.



Şekil 6.26: Elektriksel kuvvet- yükler çarpımı grafiği

2. Noktasal yükler arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Şekil 6.27'de bu değişim grafikte anlatılmıştır.

$F \alpha \frac{1}{d^2}$



Şikil 6.27: Elektriksel kuvvetin yükler arasındaki uzaklığın karesine bağlı değişim grafiği

Buna göre elektriksel kuvvet şiddeti

$F \alpha \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ şeklinde ifade edilebilir.

Bu ifade orantı katsayısı olarak k kullanılıp eşitliğe dönüştürülebilir.

$F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$

Burada orantı katsayısı, ortama bağlı değişen bir sabittir. k aynı zamanda Coulomb sabiti olarak da ifade edilir.

Coulomb sabitinin SI birim sistemindeki değeri boşluk ve yaklaşık hava için

$k = 9 \cdot 10^9\ Nm^2/C^2$ dir.

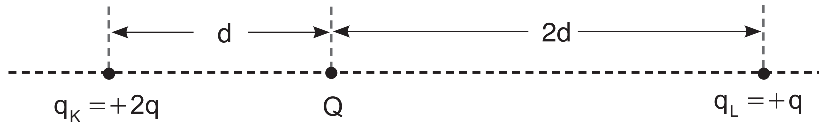
Buna göre büyüklüklerin birimleri Tablo 6.4'teki gibi olur.

Tablo 6.4: Birim tablosu

	1. yük	2. yük	Uzaklık	Sabit	Kuvvet
Sembol	q_1	q_2	d	k	F
Birim	C	C	m	$\frac{Nm^2}{C^2}$	N

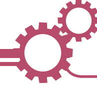
Coulomb Yasası bu eşitliğe göre elektriksel itme veya çekme kuvvetlerinin şiddeti, yükler çarpımı ile doğru, yüklerin arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır, şeklinde ifade edilir.

Örnek

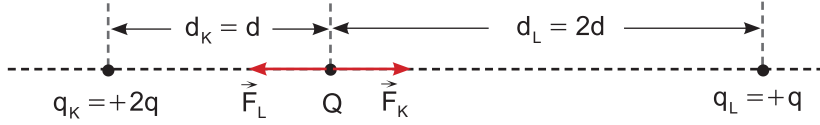


Şekildeki yalıtkan yatay düzlemde verilen konumlara sabitlenmiş $q_K = +2q$, Q ve $q_L = +q$ yükleri aynı doğru üzerindedir.

q_K yükünün Q yüküne uyguladığı elektriksel kuvvet 32 N ise Q yüküne etkeyen bileşke elektriksel kuvvet kaç N'dır?



Çözüm



+Q yüküne q_K yükünün uyguladığı itme kuvvetine $\vec{F}_K$, q_L yükünün uyguladığı itme kuvvetine $\vec{F}_L$ dersek

$$F_K = k\frac{2q \cdot Q}{d^2}, \quad F_L = k\frac{q \cdot Q}{4d^2}$$

$F_K = 32\,N$ verilmiştir.

$$k\frac{2q \cdot Q}{d^2} = 32\,N$$

$$k\frac{q \cdot Q}{d^2} = 16\,N\text{'dır.}$$

$$F_L = k\frac{qQ}{4d^2} = \frac{16}{4} = 4\,N \text{ bulunur.}$$

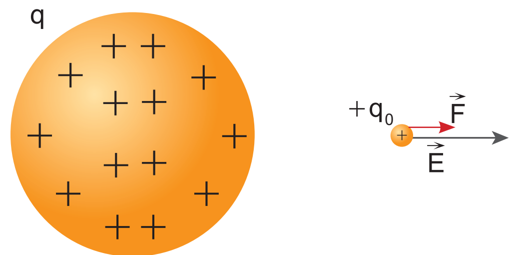
Bileşke kuvvet, $\vec{F}_K$ ve $\vec{F}_L$ zıt yönde iki kuvvet olduğundan

$F_{Bileşke} = 32 - 4 = 28\,N$ olur.

6.1.4. Elektriksel Alan

İki yüklü tanecik arasında bir elektrostatik kuvvet oluştuğunu öğrendiniz. O hâlde bir yükün çevresinde etkisini gösterdiği belli bir bölge vardır. İşte bu bölgeye o yükün elektrik alanı denir ve $\vec{E}$ şeklinde gösterilir. Elektrik alan bir vektörel büyüklüktür.

Bir noktadaki elektrik alan, o noktada olduğu varsayılan birim pozitif yüke etkiyen elektrik kuvvet olarak tanımlanır. Şekil 6.28'deki $+q_0$ yüküne etkiyen elektriksel kuvvetin yönü o noktanın elektriksel alan yönüdür.



Şekil 6.28: Bir noktadaki elektriksel alan yönü

Bu noktanın elektriksel alan şiddeti ise yük başına düşen elektriksel kuvvet şiddetidir.

Buna göre

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \text{ olur.}$$

İki yükün birbirine uyguladıkları Coulomb kuvveti,

$$F = k\frac{q \cdot q_0}{d^2}$$

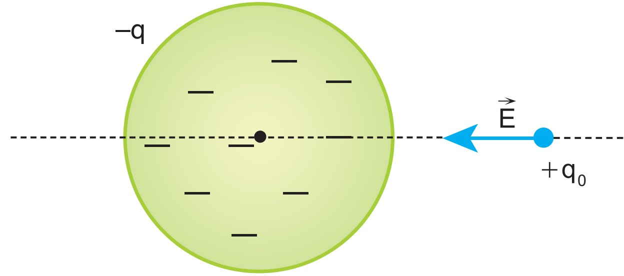
elektrik alan denkleminde yerine yazılırsa elektrik alanın büyüklüğü,

$$E = k\frac{q}{d^2}$$

olarak elde edilir. Bu ifade aynı zamanda, q yükünün d uzaklıktaki bir noktada meydana getirdiği elektrik alanın şiddetini verir.

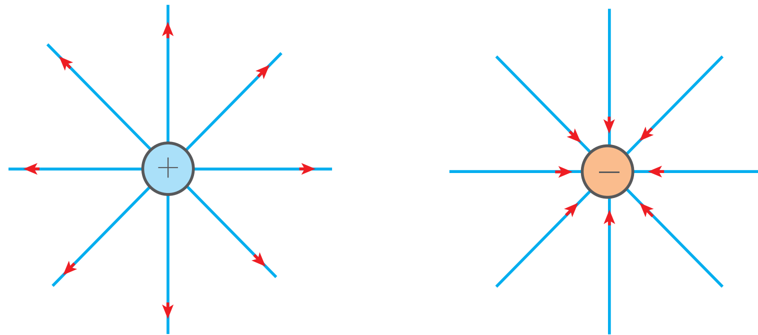
Her yüklü taneciğin çevresinde oluşturduğu bir elektrik alanın varlığından söz edilir. Pozitif yüklü tanecikten dışarı doğru her yönde doğrusal olarak yayılan kuvvet alanı, bir kütlenin çevresini saran birçok eş merkezli küre olarak düşünülebilir. Elektrik yükünün etkisi, yükten uzaklaşıldıkça azalır. Kuramsal olarak kuvvet alanı, uzay içinde sonsuza kadar uzanabilir. Bununla birlikte uygulamada, iki yük arasındaki uzaklık artırılırsa kuvvet, uzaklığın karesi ile orantılı azalacağından belirli bir bölgeden sonra bu etki ölçülemeyecek kadar küçük olur. Örnek olarak çekirdekten birkaç atom çapı uzakta bulunan elektron, çekirdeğe çok düşük bir kuvvetle çekilir. Pozitif yüklü atom çekirdeği çevresinde böyle bir alanın bulunması, son katmandaki elektronların davranışlarını belirler.

Elektrik alanın SI'daki birimi N/C'dur. Elektrik alan vektörel bir büyüklük olduğu için belli bir yön ve doğrultuya sahiptir. Şekil 6.29'da elektrik alanın yönü +1 birimlik yüke etkiyen elektriksel kuvvetin yönü ile aynıdır.



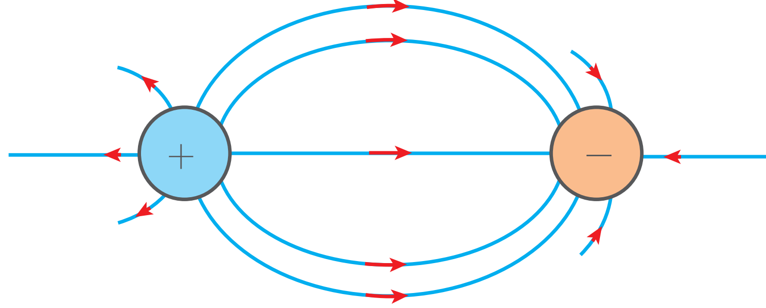
Şekil 6.29: Negatif bir yükün bir noktadaki elektriksel alan vektörü

Elektrik alanı açıklayabilmek için bir modelleme yapılmıştır. Bu modellemede bir yükün etrafında yer alan elektrik alan gerçekte var olmayan çizgilerle gösterilir. Bu gösterimde alan çizgilerinin yönü, pozitif (+) yüklü bir cisimde cismin dışına doğru; negatif (–) yüklü bir cisimde ise cisme doğru çizilmelidir (Şekil 6.30). Çizgilerin çıktığı yük pozitif (+), son bulduğu yük ise negatiftir (–).



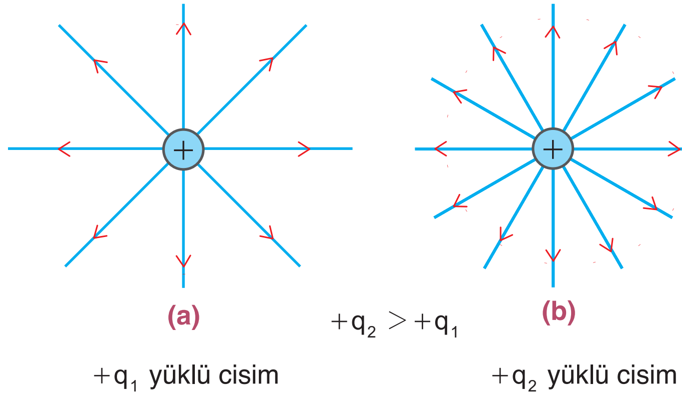
Şekil 6.30: Pozitif ve negatif yüklerin elektrik alan çizgileri

Elektrik alan, bu alan içinde bulunan pozitif birim yüke etkiyen kuvvet olduğundan alan çizgileri bu kuvvetin yönündedir. Elektrik alan çizgileri her noktada elektrik alan vektörüne teğettir. Zıt yüklü iki cismin bulunduğu ortamda elektrik alan çizgileri pozitif yükten negatif yüke doğru yönlenir (Şekil 6.31).



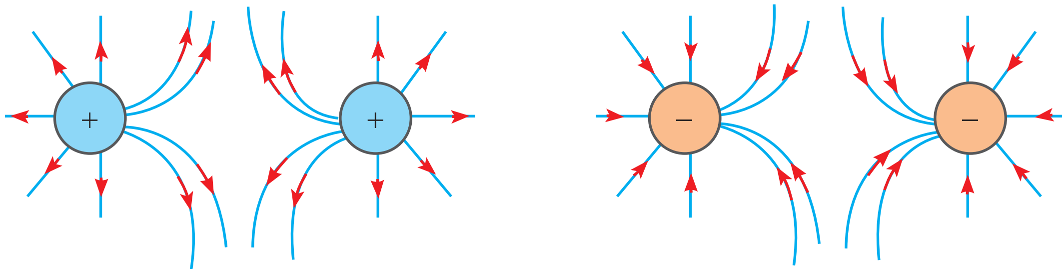
Şekil 6.31: Zıt yüklerin elektriksel alan çizgileri

Elektrik alan çizgileri birbirini kesmez ve alan çizgilerinin sıklığı o bölgedeki elektrik alan şiddeti ile orantılıdır. Alan çizgilerinin sık olduğu bölgede, alan şiddeti daha büyüktür. Yüklü bir cisimden çıkan veya yüklü cisme doğru yönlenen çizgi sayısı, yük miktarı ile orantılıdır. Şekil 6.32 a ve b'de elektriksel alan çizgilerinin sıklığına göre $q_1 < q_2$ olmalıdır.



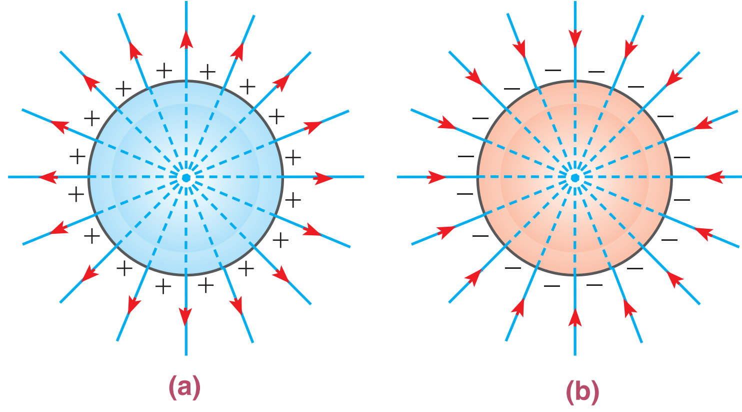
Şekil 6.32: a. $+q_1$ yüklü cismin elektrik alan çizgileri b. $+q_2$ yüklü cismin elektrik alan çizgileri

Aynı cins yüklere sahip parçacıklar karşılıklı yerleştirildiklerinde yükler arasındaki alan çizgileri Şekil 6. 33'teki gibi olur. Elektrik alan çizgileri artı yükten çıkıp eksi yüke girecek şekilde çizilir.



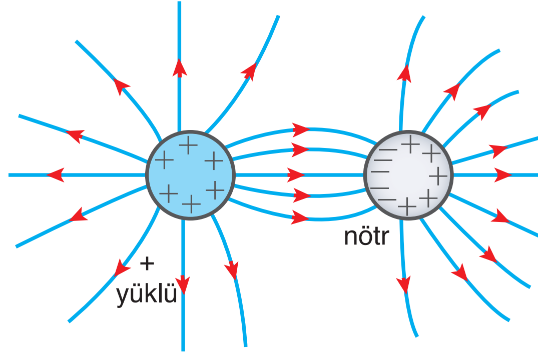
Şekil 6. 33: Aynı cins elektrikle yüklü parçacıkların bulunduğu ortamda elektriksel alan çizgilerinin durumu

Küresel cisimlerde yüklerin kürenin dış yüzeyinde toplandığını öğrendiniz. Şekil 6.34'te görüldüğü gibi alan çizgileri iletken küre içine geçemez (Faraday kafesini hatırlayınız.).

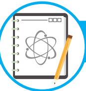


Şekil 6. 34: İletken pozitif (+) veya negatif (–) yüklü içi boş bir kürede alan çizgileri

İletken pozitif yüklü bir küre, iletken nötr bir küreye yaklaştırıldığında ise elektrik alan çizgileri Şekil 6.35'teki gibi yönlenir.



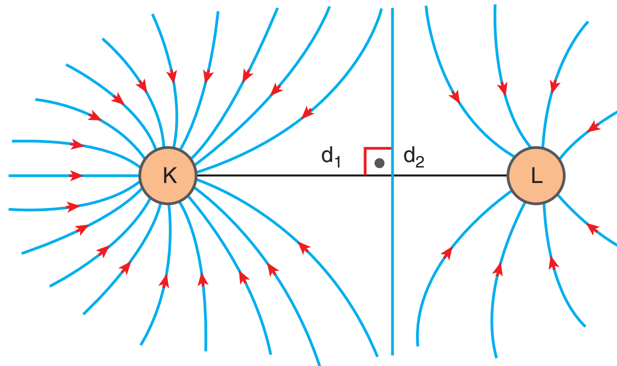
Şekil 6.35: Pozitif yüklü küre ile nötr iletken küre arasındaki elektriksel alan çizgileri



Alıştırma 6-4

Elektrikle yüklü iletken K ve L kürelerinin konumu ve elektrik alan çizgilerinin biçimi ile yönü şekildeki gibidir.

K'nin yükünün büyüklüğü q_K, L'ninki q_L ve $d_1 > d_2$ olduğuna göre q_K ve q_L nin büyüklükleri arasındaki ilişki ve işaretleri nedir?



6. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

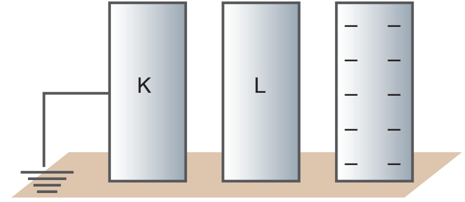
A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1) Sürtünme ile elektriklenme özelliklerini açıklayınız.

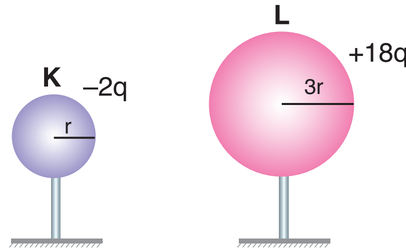
2) Dokunma ile elektriklenme neden iletken cisimler arasında gerçekleşir açıklayınız.

3) Elektriksel iletken ve yalıtkan cisimlerin yapılarını karşılaştırınız.

4) Topraklanmış nötr K ve L cisimleri iletkendir. L cisminin yanına şekildeki gibi negatif (–) elektrikle yüklü levha yaklaştırılıyor. Bir süre sonra önce toprak bağlantısı kesilip daha sonra negatif (–) elektrikle yüklü levha uzaklaştırılıyor. Bu durumda K ve L levhalarının yük dağılımını çizerek gösteriniz.

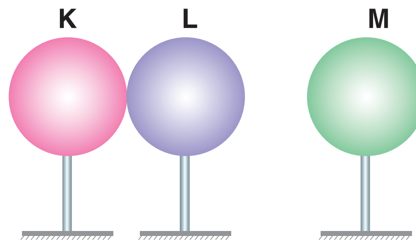


5)



Şekildeki r ve 3r yarıçaplı K, L iletken kürelerinin yükleri –2q ve +18q'dur. Küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokundurulduğunda hangi küreden diğerine ne kadar yük geçer?

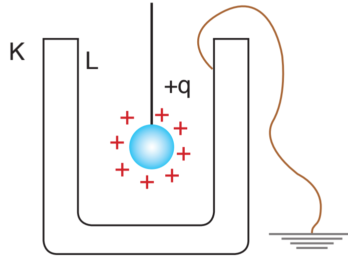
6)



Özdeş K, L ve M kürelerinin yük miktarları +q kadar olup K ve L küreleri birbirine dokunmakta iken +q yüklü M küresi şekildeki gibi L küresine yaklaştırılıyor. Yük hareketi tamamlandığında kürelerin yük miktarlarını büyükten küçüğe sıralayınız.

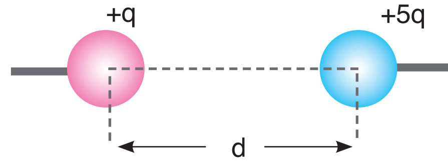
7) Negatif yüklü bir elektroskopa yüklü bir K cismi yaklaştırıldığında elektroskop yaprakları biraz kapanmaktadır. Buna göre K cismi elektroskopa dokundurulsaydı elektroskopun yük cinsi neler olabilirdi? Bu durumda elektroskopun nötr olma durumundan söz edilebilir mi? Açıklayınız.

8)



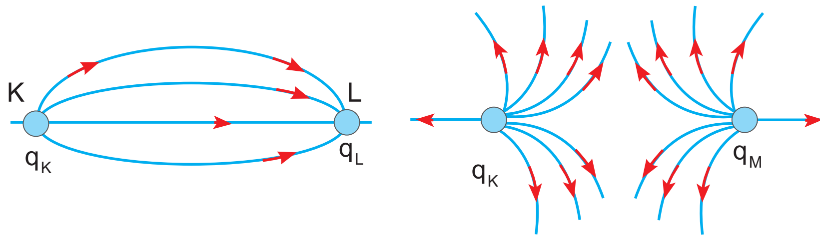
Şekildeki içi boş silindirik cismin K dış, L iç yüzleri olup L yüzü bir iletkenle topraklanmıştır. +q yüklü bir cisim silindirik cismin içerisine dokundurulmadan yalıtkan bir iple tutularak sarkıtılıyor. Bu durumda yük hareketi bittiğinde K ve L yüzlerinin yükü için ne söylenebilir? Açıklayınız.

9)



Şekildeki yükleri +q ve +5q olan özdeş küreler verilen konumlarında iken birbirlerini F şiddetinde kuvvetle itmektedir. Bu küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokundurulup yük alışverişi bittiğinde aynı yerlerine konuyor. Bu durumda birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet şiddetinin kaç F olduğunu bulunuz.

10)



K, L ve M kürelerinin yükleri q_K, q_L ve q_M olup elektrik alan çizgileri şekildeki gibidir. Buna göre kürelerin yük cinsleri ne olmalıdır?

B. Aşağıda verilen cümlelerde noktalı yerleri kutu içerisindeki kelimelerden uygun olanı ile tamamlayınız.

elektron	nötr	iletken	yüzeyinde
elektriksel alan	Benjamin Franklin	proton	Charles Agustin Coulomb
yalıtkan	negatif	elektriklenmiş	yüklü

1) Pozitif ve negatif olmak üzere iki çeşit elektrik yükünün bulunduğunu .... bulmuştur.

2) Elektron sayısı proton sayısına eşit bir atoma .... atom denir.

3) Elektron ve .... eşit yük miktarına sahiptir.

4) Elektron kaybetmiş veya fazladan elektronu bulunan atomlardan oluşmuş cisme .... cisim denir.

5) Elektron fazlalığı bulunan atomlardan oluşan cisme .... yüklü cisim denir.

6) Yüklenmeler yalnızca ....alışverişi ile oluşur.

7) Cisimler yüklü olmadan da............................. cisim özelliği taşıyabilir.

8) Limonlu su .... sıvılar arasında yer alır.

9) Elektriksel iletken cisimlerde yükler iletken cismin............................. bulunur.

10) Bir noktanın .... şiddeti o noktada birim yüke etkiyen elektriksel kuvvet şiddetidir.

C. Aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1) ( ) Proton fazlalığı olan atomlardan oluşmuş cisim pozitif yüklüdür.

2) ( ) Her ikisi de (+) veya her ikisi de (–) yüklü cisimler birbirine dokundurulduğunda aralarında elektron alışverişi olmayabilir.

3) ( ) Etki ile elektriklenmede cisimler arasında elektron alışverişi olmaz.

4) ( ) Nötr bir cisim yüklü bir cisim tarafından çekilir.

5) ( ) Elektroskop cisimlerin yük miktarını ölçer.

6) ( ) Elektroskop topuzu yüklü iken yapraklar nötr olamaz.

7) (   ) Elektroskop dokunma ile elektriklendiğinde yaprakları kesinlikle negatif yüklüdür.

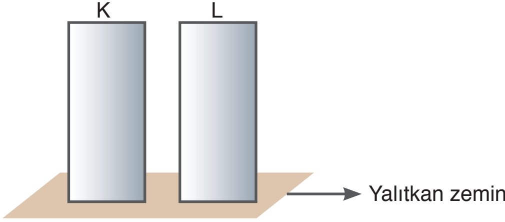
8) (   ) $6,25 \cdot 10^{18}$ tane elektron yükü 1 coulombluk yük miktarını gösterir.

9) (   ) Elektriksel alan yönü negatif birim yüke etkiyen elektriksel kuvvet yönüdür.

10) (   ) Elektriksel alan çizgileri pozitif yükten dışa doğru yönlenmiştir.

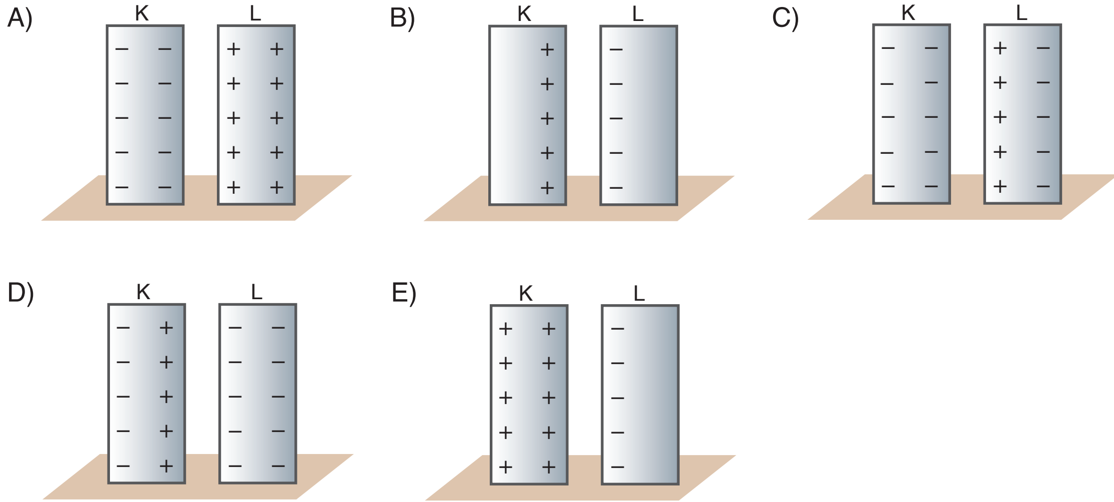
Ç. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1)



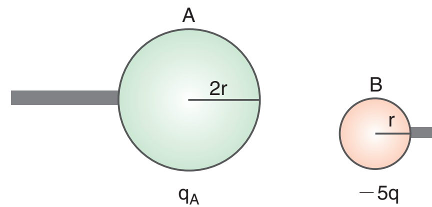
Yalıtkan bir zemin üzerine şekildeki gibi yerleştirilen iletken nötr K ve L levhalarından, K levhasına negatif (–) yüklü bir cisim dokundurulup ayrılıyor.

Buna göre levhalar üzerindeki yük dağılımı aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



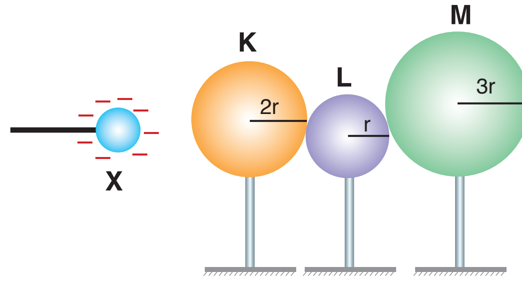
2) Yükü q olan A iletken küresi, yükü –5q olan B iletken küresine dokundurulup ayrılıyor.

A'nın son yükü +4q olduğuna göre, başlangıçtaki yükü, kaç q'dur?



A) 3
B) 5
C) 8
D) 11
E) 13

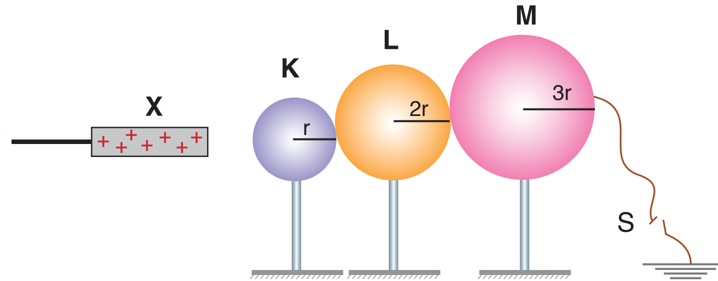
3)



Şekildeki 2r, r ve 3r yarıçaplı nötr iletken K, L ve M küreleri birbirine dokunmaktayken (–) yüklü X cismi K küresine dokundurulup uzaklaştırılıyor. Küreler bundan sonra birbirinden ayrıldığında K küresi –4q yüküne sahip olduğuna göre L ve M kürelerinin yükleri aşağıdakilerden hangisi gibi olur?

	L	M
A)	–2q	–6q
B)	Nötr	–6q
C)	Nötr	+6q
D)	–2q	+6q
E)	–2q	-4q

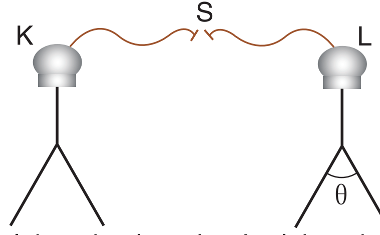
4)



Şekildeki (+) yüklü X cismi birbirine dokunmakta olan r, 2r ve 3r yarıçaplı nötr kürelerden K'ye yaklaştırılarak S anahtarı kapatılıyor. Anahtar kapalı iken küreler birbirinden ayrılırsa yük cinsleri aşağıdakilerden hangisi gibi olur?

	K	L	M
A)	–	–	+
B)	–	Nötr	Nötr
C)	–	+	Nötr
D)	–	Nötr	+
E)	Nötr	Nötr	Nötr

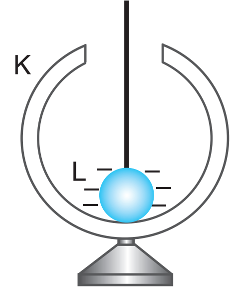
5)



Şekildeki özdeş yüklü K ve L elektroskoplarından L elektroskopunun yükü -4q olup yaprakları arasındaki açı θ'dır. S anahtarı kapatıldığında L elektroskopunun yaprakları önce kapanıp sonra tekrar açılıyor. Son durumda L'nin yaprakları arasındaki açı yine θ olduğuna göre K elektroskopunun anahtar kapatılmadan önceki yükü nedir?

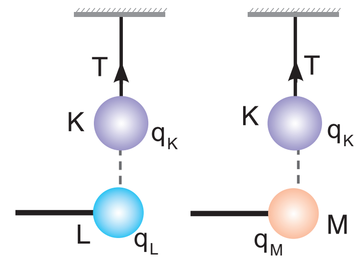
A) 16q B) 12q C) –12q D) –8q E) +8q

6) Şekildeki iletken içi boş nötr K küresine (–) yüklü iletken L küresi yalıtkan bir iple bağlanarak içeriden dokunduruluyor. Yük hareketi tamamlandığında K ve L'nin yükleri aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



	K'nin iç yüzeyi	K'nin dış yüzeyi	L küresi
A)	–	Nötr	–
B)	–	–	–
C)	Nötr	–	–
D)	Nötr	–	Nötr
E)	+	–	Nötr

7) Şekildeki yalıtkan bir iple asılı q_K yüklü K küresinin altına q_L yüklü L küresi tutulduğunda ipteki gerilme kuvveti (T) artmakta, q_M yüklü M küresi tutulduğunda ise azalmaktadır.



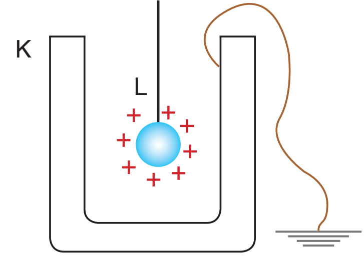
Buna göre K, L ve M kürelerinin yük cinsleri

	K	L	M
I.	–	+	–
II.	+	–	+
III.	–	–	+

yukarıda verilenlerden hangisi gibi olabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

8) Şekildeki içi boş K iletken silindirinin içerisine (+) yüklü L cismi sarkıtılarak silindir iç kısmından toprağa bağlanıyor. Sistem bu konumda iken K silindirinin iç ve dış yüzeylerinin elektrik yük cinsleri ne olur?



	İç yüzey	Dış yüzey
A)	+	Nötr
B)	Nötr	–
C)	+	–
D)	–	Nötr
E)	Nötr	+

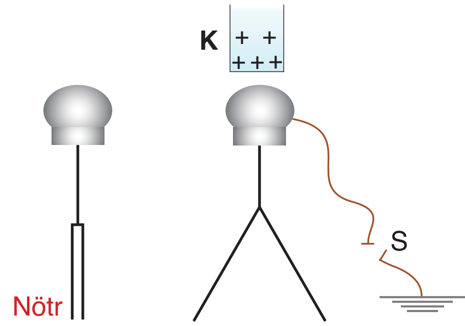
9) Şekildeki nötr elektroskopun topuzuna (+) yüklü K cismi yaklaştırılınca elektroskop elektrikleniyor. Bundan sonra S anahtarı kapatılarak toprak bağlantısı sağlanırsa

I. Yapraklar tamamen kapanır.

II. Toprağa (-) yük akışı olur.

III. Önce S anahtarı açılır, sonra K cismi uzaklaştırılırsa elektroskop (–) yüklü hale geçer.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğru olur?



A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I ve III

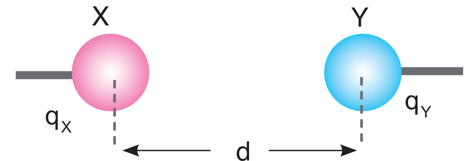
10) Şekildeki yüklü X ve Y iletken küreleri birbirini eşit büyüklükte elektriksel kuvvetle itmektedir. Buna göre

I. Her iki cisim de aynı cins elektrikle yüklüdür.

II. X ve Y kürelerinin yarıçapları eşittir.

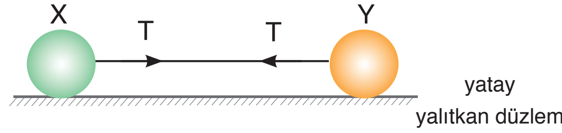
III. Kürelerin yük miktarı (q_X, q_Y) eşittir.

yargılarından hangisi ya da hangileri kesinlikle doğrudur?



A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I ve III

11)



Şekildeki $+q_X$ ve q_Y yüklü X, Y küreleri yalıtkan sürtünmesiz yatay düzlemde dengede iken ipteki gerilme kuvveti T büyüklüğündedir. Y küresine elektrikle yüklü iletken bir cisim dokundurulup çekildiğinde ipteki gerilme kuvveti T'nin arttığı görülüyor.

Buna göre

I. Y küresi dokundurulan cisme (–) yük vermiştir.

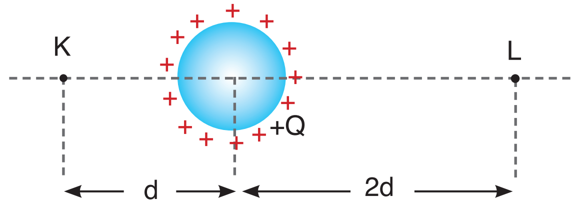
II. Y küresi dokundurulan cisimden (+) yük almıştır.

III. Y küresi önce nötrlenip sonra tekrar yüklenmiştir.

yargılarından hengisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) II ve III

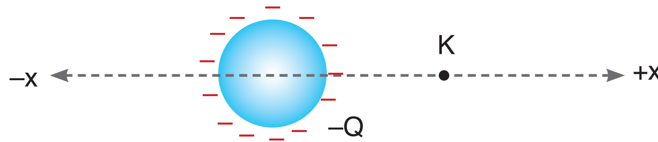
12)



Şekildeki +Q yüklü küresel cismin merkezinden d ve 2d uzaklıklardaki K, L noktalarının elektriksel alanları için aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

A) $\vec{E}_K = \vec{E}_L$ B) $\vec{E}_K = 2\vec{E}_L$ C) $\vec{E}_K = -2\vec{E}_L$ D) $\vec{E}_K = -4\vec{E}_L$ E) $\vec{E}_K = 4\vec{E}_L$

13)



Şekildeki –Q yüklü cismin K noktasında oluşturduğu elektriksel alan ile ilgili,

I. –x yönündedir.

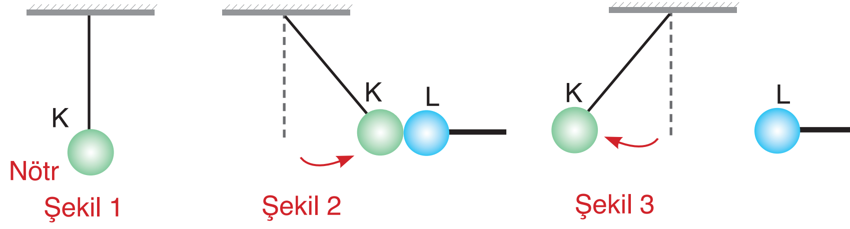
II. K noktasına yerleştirilecek –q yüküne etkiyen elektriksel kuvvet bu noktanın elektriksel alan vektörü ile aynı yönlüdür.

III. K noktasına yerleştirilecek yük miktarı K noktasının elektriksel alan şiddetini değiştirmez.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I ve III

14)



Şekil 1'deki nötr iletken K cismi yalıtkan ipe bağlı iken yüklü iletken L cismi şekil 2'deki gibi yaklaştırılıyor. K cismi L cismine çekilip dokunduğunda Şekil 3'teki gibi itiliyor. Bu olaydan,

I. Etki ile elektriklenmenin varlığı

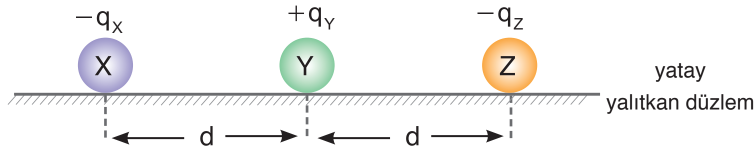
II. Dokunma ile elektriklenmenin varlığı

III. Elektriksel kuvvetin uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğu

sonuçlarından hangileri çıkarılabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

15)

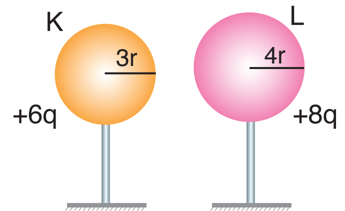


Şekildeki yalıtkan sürtünmesiz yatay düzlemdeki $-q_X$, $+q_Y$, $-q_Z$ yüklü küreler dengededir. Buna göre kürelerin yüklerinin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

A) $q_X > q_Y > q_Z$ B) $q_Y > q_Z > q_X$ C) $q_X > q_Z > q_Y$

D) $q_Z > q_Y > q_X$ E) $q_X = q_Z > q_Y$

16) Şekildeki 3r ve 4r yarıçaplı K ve L iletken küreleri +6q ve +8q yüklüdür. Küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirine dokunduruluyor. Buna göre aşağıdaki yargılardan hangisi doğru olur?



A) K'den L'ye –2q yükü geçer.

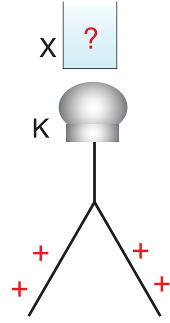
B) L'den K'ye –3q yükü geçer.

C) K'den L'ye –3q yükü geçer.

D) K'den L'ye –q yükü geçer.

E) Küreler arasında yük geçişi olmaz.

17) Şekildeki (+) yüklü elektroskopa yüklü iletken X cismi yaklaştırıldığında yaprakların daha çok açıldığı gözlemleniyor.



Buna göre X cismi elektroskopa dokundurulursa

I. Elektroskop nötrlenemez.

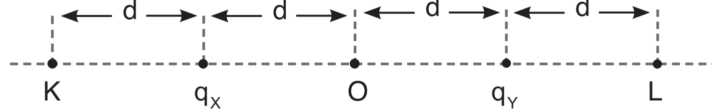
II. X cismi nötrlenemez.

III. Elektroskopun (+) yük miktarı azalamaz.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğru olur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

18)



Şekildeki K, O ve L noktaları q_X ve q_Y yüklü parçacıklarının bulunduğu doğrultu üzerindedir. O noktasında elektriksel alan şiddeti sıfır olduğuna göre

I. $q_X = q_Y$ dir.

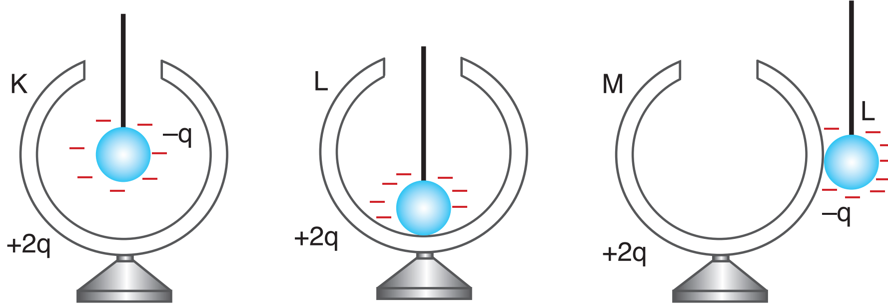
II. K ve L noktalarındaki elektriksel alan şiddetleri eşit büyüklüktedir.

III. Yüklü parçacıkların yerleri kendi aralarında değiştirilirse O noktasında elektriksel alan oluşur.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

19)



Özdeş, iletken içi boş K, L, M küreleri +2q yüklüdür. –q yüklü cisimlerden biri bu kürelerden K'nin içine sarkıtılırken L küresinin içine ve M küresinin dışına dokundurulmaktadır. Yük hareketi bittiğinde K, L ve M kürelerinin yükleri q_K, q_L ve q_M arasındaki ilişki nasıl olur?

A) $q_K > q_M > q_L$ B) $q_K > q_L > q_M$ C) $q_L > q_K > q_M$

D) $q_M > q_L > q_K$ E) $q_M > q_K > q_L$

SÜREÇ VE ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

Süreci Değerlendirelim 1-1

1	fizik, kimya, biyoloji
2	atom
3	teleskop
4	mercekler
5	astronomi

Süreci Değerlendirelim 1-2

1	dinamik	6	çekirdek
2	termodinamik	7	fosil
3	mekanik	8	floresan
4	ışık	9	felsefe
5	katıhâl fiziği	10	akort

Süreci Değerlendirelim 1-3

1	D	6	D
2	Y	7	D
3	Y	8	Y
4	D	9	Y
5	D	10	Y

1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

B

1	Y	6	D
2	D	7	D
3	D	8	Y
4	D	9	Y
5	Y	10	D

C

1	sistem	6	kristal	11	endüstriyel
2	büyük patlama	7	lazer	12	radyoaktif
3	ışık	8	nükleer fizik	13	havacılık
4	yıldız	9	yön	14	parçacık fiziği
5	optik	10	küçük	15	Higgs bozonu

Ç

Büyüklük	Temel	Türetilmiş	Skaler	Vektörel
Kütle	+	–	+	–
Enerji	–	+	+	–
Kuvvet	–	+	–	+
Zaman	+	–	+	–
Akım Şiddeti	+	–	+	–
Yer değiştirme	–	+	–	+
Basınç	–	+	+	–
Hız	–	+	–	+
Uzunluk	+	–	+	–
İvme	–	+	–	+

D

1	ç	6	c
2	a	7	b
3	f		
4	e		
5	d		

E

1	D	6	A	11	B
2	A	7	D		
3	E	8	E		
4	D	9	C		
5	C	10	D		

2. ÜNİTE

Süreci Değerlendirelim 2-1

1	kütle	6	türetilmiş
2	hacim	7	sıcaklık
3	ortak	8	Archimedes
4	ayırt edici	9	El Hazini
5	ebru	10	santifüj

Süreci Değerlendirelim 2-2

1	dayanıklılık
2	sıcaklık
3	hacim, ağırlık
4	kare

Süreci Değerlendirelim 2-3

1	kohezyon
2	adezyon
3	elektriksel
4	artar
5	kılcallık

2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

A

1	$\frac{m_K}{m_L} = \frac{2}{3}$
2	4
3	1/4 g/cm^3
4	4 cm
5	2

B

1	Y	6	Y
2	D	7	D
3	Y	8	D
4	Y	9	Y
5	D	10	D

C

1	madde	6	öz kütle
2	enerji	7	ters
3	skaler	8	kohezyon
4	kilogram	9	büyük
5	küp	10	artar

Ç

a	8	d	2
b	7	e	4
c	5	f	6
ç	3	ğ	1

D

1	D	6	B	11	C
2	D	7	E	12	C
3	C	8	B	13	E
4	D	9	B	14	D
5	A	10	A		

3. ÜNİTE

Süreci Değerlendirelim 3-1

1	D	7	D
2	D	8	Y
3	Y	9	Y
4	D	10	D
5	D	11	D
6	Y	12	D

Süreci Değerlendirelim 3-2

1	Y	6	D
2	D	7	Y
3	Y	8	Y
4	Y	9	D
5	D	10	Y

3. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

A

3	5 S	8	90 m
4	10 m/s	9	36 m
5	2 m/s	10	1 m/s^2
6	96 m	11	14 N
7	$\ell/2$	12	18 N

B

1	D	6	D
2	Y	7	D
3	D	8	Y
4	Y	9	D
5	Y	10	Y

C

1	konum	6	ters
2	sürat	7	vektörel
3	skaler	8	statik
4	sabit	9	alan
5	yön	10	farklı

Ç

1	C	7	D	13	B	19	D
2	E	8	A	14	E	20	C
3	B	9	E	15	E	21	E
4	C	10	A	16	C		
5	D	11	B	17	E		
6	D	12	C	18	C		

4. ÜNİTE

Süreci Değerlendirelim 4-1

1	potansiyel	6	skaler
2	ısı	7	dik
3	kimyasal	8	iş
4	hareket	9	güç
5	kuvvet	10	ses

Süreci Değerlendirelim 4-2

1	hız	6	joule
2	negatif	7	mekanik
3	potansiyel	8	direnç
4	karşı		
5	enerji		

Süreci Değerlendirelim 4-3

1	D	6	Y
2	D	7	D
3	Y		
4	D		
5	Y		

Süreci Değerlendirelim 4-4

1	hücre
2	yağ
3	temel
4	besin-lif
5	verim

Süreci Değerlendirelim 4-5

1	yenilenemeyen	6	hidrojen
2	güneş	7	rüzgâr atlası
3	kirlilik	8	yakıt
4	ısı	9	selüloz
5	depolama	10	enerji

4. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

A

1	450 J	6	3E/2
2	8	7	600
3	F/3	8	3E/4
4	5/6		
5	1/4		

B

1	Y	6	D
2	D	7	Y
3	D	8	Y
4	Y	9	D
5	D	10	D

C

1	skaler	6	kinetik
2	iş	7	yenilenemez
3	mekanik	8	verim
4	güç	9	yenilenebilir
5	yerçekimi	10	devir-daim

Ç

1	C	7	B	13	A
2	E	8	E	14	A
3	D	9	D	15	D
4	C	10	C	16	A
5	C	11	A		
6	B	12	E		

5. ÜNİTE

Süreci Değerlendirelim 5-1

1	tanecikler	6	metal
2	iç	7	öz ısı
3	sıcaklık	8	yüksek
4	değişim	9	düşük
5	cıva	10	kütle

Süreci Değerlendirelim 5-2

1	plazma	6	sıcaklık
2	erime	7	kaynama
3	donma	8	süblimleşme
4	erime ısısı	9	ısıl denge
5	buharlaşma	10	ısı sığası

Süreci Değerlendirelim 5-3

1	D	6	Y
2	D	7	D
3	D	8	Y
4	Y	9	D
5	D	10	D

Süreci Değerlendirelim 5-4

1	çekim kuvveti	6	metal
2	genleşme	7	öz kütle
3	katı	8	azalma
4	gazlar	9	hacim
5	termostat	10	soğutulma

5. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

A

3	Bulunur.
4	Hepsi bulunur.
5	a) Lve R, b) X ve Y, c) Y ve Z
6	$c_{su} = 2c_{yağ}$
7	Metal ısı verir, su ısı alır. Son sıcaklıkları eşit olur.

B

1	kinetik	7	erime
2	ısı	8	büyük
3	fahrenheit	9	konveksiyon
4	sıvılı	10	ısı yalıtımı
5	joule	11	genleşme
6	öz ısı	12	doğal sera gazları

C

1	Y	7	D
2	D	8	Y
3	D	9	Y
4	D	10	D
5	D	11	D
6	D		

Ç

1	D	7	C	13	E
2	C	8	C	14	E
3	C	9	C	15	D
4	B	10	B		
5	B	11	B		
6	A	12	C		

6. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

A

4	K (+), L nötr durumda
5	K'den L'ye – 6q yükü geçer.
6	$q_K > q_M > q_L$
7	(+) veya (–) veya nötr olabilir. Nötr olması için elektroskop yükü ile K'nin yününün eşit miktarda olması gerekir.
8	L (–), K nötr
9	9F/5
10	K(+) , L(–), M(+)

B

1	Benjamin Franklin	6	elektron
2	nötr	7	elektriklenmiş
3	proton	8	iletken
4	yüklü	9	yüzeyinde
5	negatif	10	elektriksel alan

C

1	D	6	Y
2	D	7	Y
3	D	8	D
4	D	9	Y
5	Y	10	D

Ç

1	C	6	D	11	A	16	E
2	D	7	C	12	D	17	C
3	A	8	D	13	E	18	C
4	B	9	E	14	C	19	B
5	B	10	A	15	E		

ALIŞTIRMA SORULARI CEVAP ANAHTARI

2. ÜNİTE

Alıştırma 2-1

1. $15 \cdot 10^{6}$ g **2.** $0,2 \cdot 10^{6}$ mg **3.** $25 \cdot 10^{-3}$ t **4.** $0,2 \cdot 10^{+2}$ dg **5.** $800 \cdot 10^{-6}$ t

6. $20 \cdot 10^{+1}$ mg **7.** $0,6 \cdot 10^{-1}$ mg **8.** $18 \cdot 10^{7}$ dg **9.** $30 \cdot 10^{-9}$ t

Alıştırma 2-2

1. 2 L **2.** $200 \cdot 10^{-6}$ m^3 **3.** $150 \cdot 10^{-3}$ L **4.** $80 \cdot 10^{+3}$ m^3 **5.** $50 \cdot 10^{-5}$ m^3

Alıştırma 2-3

$\frac{8}{3}$ cm

Alıştırma 2-4

8

3. ÜNİTE

Alıştırma 3-1

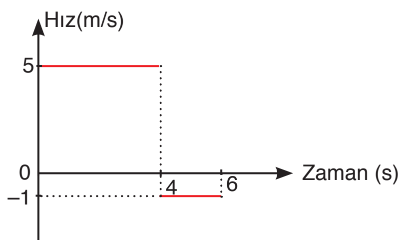
a) 1000 m **b)** 2300 m

Alıştırma 3-2

konum, yerdeğiştirme, hız vektörel
alınan yol, sürat skaler büyüklüktür.

Alıştırma 3-3

1.



2. 10 m/s

Alıştırma 3-4

5 m/s

Alıştırma 3-5

5 N

Alıştırma 3-6

22 N

Alıştırma 3-7

$F_3 > F_2 > F_1$

4. ÜNİTE

Alıştırma 4-1

$F_s = 10\ N$

Alıştırma 4-2

1

Alıştırma 4-3

$E_Z > E_Y > E_X$

Alıştırma 4-4

a) $\frac{1}{4}$ **b)** $\frac{1}{8}$

Alıştırma 4-5

$E_3 > E_1 > E2$

Alıştırma 4-2

% 80

5. ÜNİTE

Alıştırma 5-1

1. 351 K **2.** 104 °F **3.** $\frac{200}{9}$ °C **4.** 216,4 K **5.** 392 °F **6.** 27 °C

6. ÜNİTE

Alıştırma 6-1

A(–) B(–) D(+)

Alıştırma 6-2

8q

Alıştırma 6-3

Artar, azalır, azalır

Alıştırma 6-4

q_K ve q_L negatif yüklü $q_k > q_L$ dir.

SÖZLÜK

A

adezyon : Farklı cins atom ya da moleküller arasındaki çekim kuvveti.

ağırlık : Bir cismin birim kütlesine etkiyen çekim kuvveti.

akım : Gaz veya sıvı maddelerin ya da elektrik yüklerinin belli bir yöne akışı.

alınan yol : Bir cismin hareketi sırasında izlediği yörüngenin uzunluğu.

ampermetre : Akım şiddetinin ölçülmesinde kullanılan alet.

ampul : Elektrik enerjisini ışığa ve kısmen ısıya dönüştüren, dirençli gereç.

anlık hız : Değişken hıza sahip hareketlilerin belli bir andaki hızı.

arşın : Yaklaşık 68 santimetreye eşit olan uzunluk ölçüsü.

atmosfer : Yeryüzünü veya herhangi bir gök cismini saran gaz tabakası.

atom : Bir elementin özelliğini taşıyan en küçük yapı taşı.

avantaj : Üstünlük.

B

bağıl nem : Havadaki su buharının kısmi basıncının, aynı sıcaklıkta havayı doyuran su buharının kısmi basıncına oranı.

basınç : Birim alana etki eden kuvvet.

beherglas : Silindir biçiminde cam deney kabı.

bilim : Evrenin veya olayların bir bölümünü konu olarak seçen, deneye dayanan yöntemler ve gerçeklikten yararlanarak sonuç çıkarmaya çalışan düzenli bilgi, ilim.

bilimsel yöntem : Bilimin gelişmesini sağlayan gözlem, deney, kuram ve yasaların formüle edilmesi.

birbirini tutma : Aynı cins moleküller arasındaki çekim kuvveti, kohezyon.

buharlaşma : Maddenin ısı alarak sıvı hâlden gaz hâline geçmesi.

buharlaşma ısısı : Sabit sıcaklıkta bir sıvının bir gramını buhar hâline dönüştürmek için gereken ısı miktarı.

D

dalga çiftliği : Gelgit olayından faydalanılarak elektrik enerjisi üretmek için kurulan jeneratörlerin bir arada bulunması.

dara : İçinde yük taşınan aracın boş durumdaki ağırlığı.

dayanıklılık : Bir cismin kesit alanının hacmine oranı.

deney : Kontrollü gözlem.

dezavantaj : Avantajlı olmama durumu.

dışbükey : Yüzeyi tümsek, çıkık ve şişkin olan.

dinamometre : Kuvvet ölçer.

direnç : İletkenlerin elektrik yüklerinin geçişine gösterdiği zorluk.

donma : Sıvı hâldeki maddenin ısı vererek katıya dönüşmesi.

E

elektriksel alan : Bir elektrik yükünün veya elektrik yüklü bir cismin etrafındaki alan.

element : Aynı cins atom içeren saf madde.

enerji : Bir sistem veya bir cismin iş yapabilme yeteneği.

erime : Katı hâldeki maddenin ısı alarak sıvıya dönüşmesi.

erime ısısı : Herhangi bir maddenin 1 gramını erime noktasında, sıvı hâle dönüştürmek için verilmesi gereken ısı.

erime sıcaklığı : Katının belirli bir basınçta sıvıya dönüştüğü sıcaklık.

esneklik : Cisimlerin şekil ve büyüklüklerinin bir kuvvet etkisiyle değişmesi, etki kalkınca tekrar eski hâline dönmesi özelliği.

etki-tepki kuvvetleri : Etkileşen iki cismin birbirlerine karşılıklı olarak uyguladıkları eşit büyüklük ve zıt yönlü kuvvetler.

evren : Gök varlıklarının bütünü, kâinat, cihan, âlem, kozmos.

eylemsizlik : Cismin durumundaki değişikliğe karşı koyma direnci.

F

fiziksel değişme : Bir maddenin, kimyasal bileşimini değiştirmeksizin uğradığı değişme.

fiziksel özellik : Bir maddenin ağırlığı, kokusu, parlaklığı, rengi, boyu gibi bileşimini değiştirmeksizin gösterdiği görünür özellik.

floresan lamba : Cıva buharlı deşarj lambası.

frekans : Periyodik olaylarda bir saniyedeki devir sayısı, sıklık.

G

gelgit olayı : Ay ve Güneş'in yerküre üzerindeki çekim güçleri nedeniyle deniz yüzünde, özellikle ana denizlerde görülen düzey değişmeleri.

genleşme : Isıtılan bir maddenin boyutlarındaki artma.

geri süblimleşme : Gaz hâlindeki bir maddenin sıvılaşmadan doğrudan katı hâle geçmesi.

gösterge : Bir ölçü aracında ölçüm sonuçlarının okunduğu kısım.

gözlem : Bir nesnenin, olayın veya bir gerçeğin, niteliklerinin bilinmesi amacıyla, dikkatli ve planlı olarak ele alınıp incelenmesi.

güç : Birim zamanda yapılan iş.

güneş pili : Güneş enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine çeviren basit düzenek.

H

hacim : Bir cismin uzayda kapladığı yer.

hâl değişimi : Maddenin sıcaklık etkisiyle fiziksel hâlinde meydana gelen değişme.

hareket : Seçilen bir başlangıç noktasına göre zamanla yer değiştirme eylemi.

hız : Birim zamandaki yer değiştirme.

hidroelektrik : Suyun enerjisinden yararlanılarak elde edilen elektrik.

I

ısı : Sıcaklıkları farklı, temas hâlindeki iki sistem arasında sıcaklığı yüksek olandan düşük olana doğru, sıcaklığın dengelenmesi için aktarılan enerjidir.

ısı sığası : Bir cismin sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarı.

ısıl denge : Bir madenin çevresiyle aynı sıcaklık değerine ulaşması.

İ

içbükey : Yüzeyi düzgün ve pürüzsüz çukur biçimde olan.

iç enerji : Bir maddedeki atom ya da moleküllerin sahip oldukları potansiyel ve kinetik enerjilerin toplamı.

iletken : Elektrik akımını ya da ısıyı kendi üzerinden geçiren cisim.

iş : Yol doğrultusundaki kuvvetin, etki ettiği cismin yer değiştirmesi ile çarpımı.

ivme : Hızın birim zamandaki değişme miktarı.

iyon : “–” ya da “+” yüklü atom ya da atom grubu.

J

joule : SI birim sisteminde enerji birimi.

K

kalori : 1 g saf suyun sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarı, ısı birimi.

kanun : Doğruluğu evrensel olarak kabul edilmiş fikirler.

katot : Üzerinde indirgenme tepkimesinin meydana geldiği elektrot.

katyon : Pozitif yüklü iyon.

kaynama : Sıvının ısı alarak her noktasında buhar oluşması.

kılcallık : Adezyon kuvvetlerinin kohezyon kuvvetlerinden büyük olması nedeniyle sıvıların kılcal borularda yükselmesi olayı, kapiler etki.

kinetik : Hareketle ilgili, hareket sebebiyle oluşan.

kinetik enerji : Cismin hareketi nedeniyle sahip olduğu enerji.

kohezyon : Aynı cins atom ya da moleküller arasındaki çekim kuvveti.

konum : Bir hareketlinin ya da cismin bulunduğu noktanın kabul edilen bir referans noktasına göre yönlü uzaklığı.

kuş uçuşu : İki nokta arasında doğrultu yönünde alınan mesafe, kuş uçumu.

kuvvet : Duran bir nesneyi istenilen yön ve doğrultuda hareket ettiren, hareket hâlindeki bir nesneyi durduran ya da hızını yavaşlatan, bazı nesnelerde şekil değişikliği yapabilen etki.

kütle : Madde miktarı ile ilgili büyüklük.

L

LASER : Tek renkli ışık üreten ışık kaynağı.

M

mekanik : Kuvvetlerin maddeler ve hareketler üzerine etkisini inceleyen fizik dalı.

mekanik enerji : Bir sistemde kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı.

metal : Elektron verme yatkınlığı fazla olan, ısı ve elektriği iyi ileten, tel ve levha hâline getirilebilen elementlerin genel adı.

metal çifti : Farklı metallerden yapılmış, birbirine perçinlenmiş iki metal çubuk.

mıknatıs : Demir, nikel, kobalt gibi maddeleri çekebilen cisim.

model : Belli bir yapının basitleştirilmiş üç boyutlu şekli.

molekül : Element veya bileşikleri oluşturan ve onların özgül niteliklerini gösteren en küçük birim, madde.

motor : Herhangi bir enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren düzenek.

mutlak sıcaklık : Maddenin atom ve moleküllerinin kinetik enerjisinin sıfır olarak öngörüldüğü, maddenin atom ve moleküllerinin bütün hareketlerinin durduğu varsayılan teorik sıcaklık değeri, mutlak sıcaklık Kelvin ölçeğinde 0 K ya da Celcius ölçeğinde –273,16 °C’tur.

N

nanoteknoloji : Maddenin atomik veya moleküler boyutta işlenerek mikroskobik boyutta ürünlerin üretilmesi yöntemi.

nem : Havada bulunabilecek su buharı.

Newton : SI birim sisteminde kuvvet birimi.

nicelik : Bir şeyin sayılabilen, ölçülebilen, azalıp çoğalabilen hâli. Kemiyet, büyüklük.

nükleer reaktör : İçinde çekirdek bozunmasının kontrollü zincir tepkimeler şeklinde gerçekleştirildiği düzenek.

O

okka : 1,282 kilogram veya 400 dirhemlik kütle ölçüsü birimi.

optik : Fizik biliminin ışık olaylarını inceleyen alt dalı.

ortalama hız : Tüm yol boyunca toplam yer değiştirmenin zamana oranı.

Ö

ölçme : Bir fiziksel niceliğin büyüklüğünün uygun aletlerle kendi cinsinden büyüklüklerle belirlenmesi için yapılan işlem.

özdeş : Her türlü nitelik bakımından eşit olan, ayırt edilemeyecek kadar benzer olan, aynı.

öz ısı : Bir maddenin 1 gramının sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarı.

özkütle : Bir maddenin birim hacminin kütlesi.

P

periyodik : Belli aralıklarla tekrarlanan, süreli.

periyot : Dairesel veya basit harmonik hareket yapan cismin, bir devrini tamamlaması için geçen süre.

pil : Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren düzenek.

plazma : Nötr moleküller, pozitif iyonlar ve negatif elektronlardan oluşan akışkan.

potansiyel enerji : Maddelerin durum ve konumlarından dolayı bünyelerinde depolayabildikleri enerji.

prizma : Işınları saptıran ve ayrıştıran, saydam maddeden yapılmış üçgen cisim.

R

radyatör : Hava, su veya buharı ısıtmak veya soğutmak suretiyle meydana gelen sıcaklığı veya soğukluğu yayan, böylece ısıtma ve soğutmada kullanılan cihaz.

referans noktası : Temel alınan başlangıç noktası.

rezerv : Yatağında veya havzasında bulunduğu hesaplanan, henüz işletilmemiş kömür, demir, petrol.

S

salınım : Düzenli olarak hep aynı konumlardan aynı hızla geçen bir nesnenin hareketi.

SI birimleri : Uluslararası kurumların kabul ettiği çeşitli ölçü birimleri.

sıcaklık : Bir sistemdeki rastgele hareket eden moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin göstergesi.

skaler büyüklük : Ölçülen bir büyüklüğü sadece sayısal rakamlarla ve bir birim ile belirten ifade.

soğurmak : Bir maddenin enerji, ısı, ışık vb.ini içine alması, emmesi, tutması.

süblimleşme : Katı hâldeki maddenin doğrudan gaz hâline geçmesi olayı.

sürtünme kuvveti : Temas hâlinde olan iki nesnenin arasında oluşan ve harekete karşı koyan kuvvet.

T

takoz : Bir eşyanın altına kıpırdamadan dik durması için yerleştirilen ağaç kama.

teknoloji : Bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri kapsayan bilgi.

teori : Bir olgunun, sürekli olarak doğrulanmış gözlem ve deneyler baz alınarak yapılan açıklaması, kuram.

tepki : Bir eylemin uyandırdığı karşı eylem.

termik santral : Katı, sıvı ve gaz yakıt kullanarak elektrik enerjisi üreten santral.

termos : Yalıtım maddesiyle kaplı metal bir kılıf içine yerleştirilen, aralarında hava boşluğu bulunan çift çeperli cam şişeden oluşan, içine konulan sıvının ısısını uzun süre koruyan kap.

termostat : Metal çiftlerinin genleşme özelliğinden yararlanılarak yapılmış, sıcaklığı kontrol altına alarak sabit bir değerde tutmaya yarayan alet.

türbin : Elektrik santrallerinde akarsu veya buhar gücüyle dönen ve jeneratörün çalışmasını sağlayan araç.

U

ultrason : İnsan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgaları.

uzama katsayısı : Bir maddenin birim uzunluğunun sıcaklığının 1 °C artması sonucu boyundaki uzama miktarı.

Ü

üreteç : Değişik enerji türlerini elektriksel potansiyel enerjiye dönüştüren araç.

V

vektörel büyüklük : Ölçülen bir büyüklüğü sayısal rakam ve birim yanında şiddeti, yönü, doğrultusu ve başlangıç noktası ile belirten ifade.

veri : Bir araştırmanın, bir tartışmanın, bir muhakemenin temeli olan öge.

verim : Herhangi bir araç veya makineden alınan enerjinin onlara verilen enerjiye oranı.

viskozite : Sıvıların akmaya karşı gösterdiği direnç.

Y

yalıtkan : Elektrik akımını ve ısıyı iletmeyen madde.

yapışma : Farklı tür moleküller arasında oluşan çekim kuvveti, adezyon.

yarı metal : Ortam koşullarına göre metal ya da ametal özelliği gösteren element.

yasa : Kesin olarak ispatlanmış teori.

yenilenebilir enerji : Doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji.

yenilenemez enerji : Doğada meydana gelişi itibarıyla yenilenmesi mümkün olmayan veya çok uzun zaman alan enerji.

yer çekimi : Yerin cisimlere uyguladığı çekim kuvveti.

yer değiştirme : Bir konum ile başka bir konum arasındaki en kısa mesafe.

yoğunlaşma : Bir gazın ısı vererek sıvı hâle geçmesi.

yörünge : Bir hareketin geçtiği noktaları birleştiren çizgi.

yüzey gerilimi : Bir sıvının yüzey alanını artırmak için gereken enerji ya da iş.

KAYNAKÇA

Aydoğan, Şakir. *Katı Hâl Fiziği.* Ankara: Nobel Yayınları, 2012.

Aygün, Erol, Mehmet Zengin. *Kuantum Fiziği.* Ankara: Bilim Yayın, 2009.

Ayvacı, Hakan Şevki, Yüksel Çekbaş, Salih Değirmenci, Mustafa Erdemir, Mehmet Kara ve Şenol Toprak, *Genel Fizik ve Teknolojinin Bilimsel İlkeleri*. Ankara: Pegem Akademi, 2011.

Brophy, James J. *Fenciler İçin Temel Elektronik*. Çev., Mehmet Zengin. Ankara: Bilim Yayıncılık, 2000.

Çepni, Salih, Alipaşa Ayas, Ali Rıza Akdeniz, Haluk Özmen, Nevzat Yiğit ve Hakan Şevki Ayvacı. *Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Ankara: Pegem Yayıncılık, 2007.

Gasiorowicz, Stephen, Paul M. Fishbane ve Stephen T. Thornton. *Temel Fizik 1-2*. Çev., Cengiz Yalçın. Ankara: Arkadaş Yayıncılık, 2006.

Halliday, David, Robert Resnick. *Fiziğin Temelleri*. Çev., Cengiz Yalçın ve Erdoğan Apaydın. Ankara: Arkadaş Yayıncılık, 2009.

Karaoğlu, Bekir. *Üniversiteliler İçin Fizik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2012.

Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı (9, 10,11 ve 12. Sınıflar). Ankara: MEB, 2018.

Raymond A. Serway, Robert J. Beichner. *Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1*. Ankara: Palme Yayıncılık, 2011.

Türkçe Sözlük. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları, 2011.

Ulaby, Fawwaz T., Eric Michielssen ve Umberto Ravaioli. *Uygulamalı Elektromanyetiğin Temelleri*. Çev., Erdem Yazgan ve Gökşen Turgut. Ankara: Nobel Akademi, 2013.

Yazım Kılavuzu. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları, 2012.

Young, Hugh D, Roger A. Freedman, *Üniversite Fiziği 1-2*. Çev., Hilmi Ünlü. İstanbul: Akademi Yayıncılık, 2012.

Chicago kaynakça sistemine göre hazırlanmıştır.

GENEL AĞ KAYNAKLARI

http://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/Milli_Egitim_Dergisi/162/gurses-mavi.htm (02.05.2017) s. 130

http://eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar. aspx (25.04.2017) s. 193

http://kisi.deu.edu.tr/emine.cinar/3_%20Konu_parcacigin_Dengesi.pdf (11.06.2017) s. 145

http://jersey.uoregon.edu.vlab/Thermodynamics/index.html (08.02.2018) s. 230

www.mgm.gov.tr/genel/sss. aspx?s=hissedilensicaklik (17.04.2017) s. 241

http://nasa.gov/multimedia/imagegallery/indeks.htlm (09.05.2017) s. 242

http://www.harcourtshool.com/activity/states_of_matter (08.02.2017) s. 210

GÖRSEL KAYNAKÇA

www.shutterstock.com

Yukarıda adı verilen siteden elde edilen görsellerin telif hakkı ödenmiştir.

1. ÜNİTE

1. Ünite kapağı	www.shutterstock.com – 177420848
Görsel 1.1	www.shutterstock.com – 490687384
Görsel 1.2	www.shutterstock.com – 525043972
Görsel 1.3	www.shutterstock.com – 512014699
Görsel 1.4	www.shutterstock.com – 408243214
Görsel 1.5	www.shutterstock.com – 739778140
Görsel1.6	www.shutterstock.com a) 247294912 b) 232664800
Görsel 1.7	www.shutterstock.com – 319733048
Görsel 1.8	www.shutterstock.com – 138122429
Görsel 1.9	www.shutterstock.com – 243438799
Görsel 1.10	www.shutterstock.com – 512836666
Görsel 1.11	www.shutterstock.com – 286784657
Görsel1.12	www.shutterstock.com – 635744573
Görsel 1.13	www.shutterstock.com – 566236243
Görsel 1.14	www.shutterstock.com – 106218119
Görsel 1.15	www.shutterstock.com – 101212576
Görsel 1.16	www.shutterstock.com – 463003387
Görsel 1.17	www.shutterstock.com – 269529179
Görsel1.18	www.shutterstock.com – 163329593
Görsel 1.19	www.shutterstock.com – 204885220
Görsel 1.20	www.shutterstock.com – 158353394
Görsel 1.21	www.shutterstock.com – 328661138
Görsel 1.22	www.shutterstock.com – 113744248
Görsel 1.23	www.shutterstock.com – 297606350
Görsel1.24	www.shutterstock.com – 644382640
Görsel 1.25	www.shutterstock.com – 648798991
Görsel 1.26	www.shutterstock.com – 228667765
Görsel 1.27	www.shutterstock.com – a) 556201714, b) 98780312 , c) 521300872
Görsel 1.28	www.shutterstock.com – 585446072 – 537767809 – Yayınevi arşivi – 252139435 – 81842473
Görsel 1.29	www.shutterstock.com – 641320765
Görsel 1.30	www.shutterstock.com – 596192243
Görsel 1.31	www.shutterstock.com – 591443447
Görsel 1.32	Yayınevi arşivi
Görsel 1.33	www.shutterstock.com – 140042659
Görsel 1.34	www.shutterstock.com – 692725348.tif
Görsel 1.35	www.shutterstock.com – a) 158229185, b) 576622720, c) 111592898 ç) 561424510

Görsel 1.36	www.shutterstock.com – a) 525128338, b) 197176691
Görsel 1.37	a) Yayınevi arşivi,– www.shutterstock.com b) 94890322, c) 70831969, ç) 705672271
Görsel 1.38	www.shutterstock.com – 557570023
Görsel 1.39	www.shutterstock.com – 690122866
Görsel 1.40	www.shutterstock.com – 676196458f
Görsel 1.41	www.shutterstock.com – 691541095
Görsel 1.42	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.43	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.44	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.45	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.46	www.tubitak.gov.tr
Görsel1.47	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.48	http://alo199.com/wp-content/uploads/2016/12/alo-199-yeni-kimlik-basvurusu-nasil-yailacak.jpg
Görsel 1.49	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.50	www.tubitak.gov.tr
Görsel 1.51	Yayınevi arşivi
Görsel 1.52	www.shutterstock.com – 143752168
Görsel 1.53	www.taek.gov.tr
Görsel 1.54	www.aselsan.com.tr
Görsel 1.55	www.aselsan.com.tr
Görsel 1.56	www.aselsan.com.tr
Görsel 1.57	www.aselsan.com.tr
Görsel 1.58	www.aselsan.com.tr
Görsel 1.59	www.shutterstock.com – 162512012
Görsel 1.60	www.shutterstock.com – 603322421 – 46650526
Görsel 1.61	www.shutterstock.com – 548715667
Görsel 1.62	www.shutterstock.com – 377846746 – 250932496
Görsel 1.63	www.shutterstock.com – 502831486f

2. ÜNİTE

2. Ünite kapağı	www.shutterstock.com – 93387163
Görsel 2.1	www.shutterstock.com –413945938
Görsel 2.2	www.shutterstock.com – 233385289
Görsel 2.3	Yayınevi arşivi
Görsel 2.4	www.shutterstock.com – 1501311
Görsel 2.5	www.shutterstock.com – a) 209658505, b) 94890619, c) 724012534
Görsel 2.6	www.shutterstock.com – 585446072
Görsel 2.7	Yayınevi arşivi
Görsel 2.8	www.shutterstock.com – a) 530599000, b) 197953766

Görsel 2.9	Yayınevi arşivi
Görsel 2.10	www.shutterstock.com – 374991778
Görsel2.11 a	www.shutterstock.com – a) 63425269, b) Yayınevi arşivi
Görsel 2.12	a) Yayınevi arşivi, b) Yayınevi arşivi
Görsel 2.13	www.shutterstock.com – 612978929
Görsel 2.14	www.shutterstock.com – 644875342
Görsel 2.15	www.shutterstock.com – 183018689
Görsel 2.16	www.shutterstock.com – 143281642
Görsel 2.17	www.shutterstock.com – a) 182396414, b) 132429389
Görsel 2.18	www.shutterstock.com – 179387198
Görsel 2.19	www.shutterstock.com – 86278990
Görsel 2.20	www.shutterstock.com – 239807407
Görsel 2.21	www.shutterstock.com – 239807407
Görsel 2.22	www.shutterstock.com –110330657
Görsel 2.23	www.shutterstock.com – 495495721.tif
Görsel 2.24	www.shutterstock.com – 342972350 – 700653331
Görsel 2.25	www.shutterstock.com – 209825545
Görsel 2.26	www.shutterstock.com – 149365697
Görsel 2.27	www.shutterstock.com – 115951141
Görsel 2.28	www.shutterstock.com – 84643951.
Görsel 2.29	Yayınevi arşivi

3. ÜNİTE

3. Ünite kapağı	www.shutterstock.com – 383794315
Görsel 3.1	www.shutterstock.com – 111518636 – 165331475 – 229030858
Görsel 3.2	www.shutterstock.com – 1215732 – 326457458– 154681154 – 103169549 – 178264403 – 11091317 – 139493132
Görsel 3.3	www.shutterstock.com – 206966623 – 48302575 – 234919837
Görsel 3.4	www.shutterstock.com – a) 33174961, b)104931245 , c)125614418, ç) 232882891
Görsel 3.5	www.shutterstock.com – 1099586
Görsel 3.6	www.shutterstock.com – 1024748953
Görsel 3.7	www.shutterstock.com – 150961145
Görsel 3.8	www.shutterstock.com – 103080278 – 189738908 – 189797351
Görsel 3.9	www.shutterstock.com – 191182811
Görsel 3.10	www.shutterstock.com – 260266406
Görsel 3.11	www.shutterstock.com – 210360970 – 144630371 – 2602504 – 152114504
Görsel 3.12	www.shutterstock.com – 95669317 – 248884708 – Yayınevi arşivi – 23962678
Görsel 3.13	Yayınevi arşivi
Görsel 3.14	Yayınevi arşivi
Görsel 3.15	Yanevi arşivi – www.shutterstock.com – 546359626
Görsel 3.16	www.shutterstock.com – 134592290

Görsel 3.17	Yayınevi arşivi
Görsel 3.18	www.shutterstock.com– a)247536043, b) 119753776, c) 106755479, ç) 94393336, d) 233775658

4. ÜNİTE

4. Ünite kapağı	www.shutterstock.com – 119913748
Görsel 4.1	www.shutterstock.com – 541668826
Görsel 4.2	Yayınevi arşivi
Görsel 4.3	www.shutterstock.com – 134933660
Görsel 4.4	www.shutterstock.com – 57469639
Görsel 4.5	www.shutterstock.com – 249435154
Görsel 4.6	www.shutterstock.com – 32698690
Görsel 4.7	www.shutterstock.com – 56460832
Görsel 4.8	Yayınevi arşivi
Görsel 4.9	www.shutterstock.com – 12287260
Görsel 4.10	www.shutterstock.com – 6033448961
Görsel 4.11	www.shutterstock.com – 62447674
Görsel 4.12	www.shutterstock.com – 127303625
Görsel 4.13	www.shutterstock.com – 170916569
Görsel 4.14	www.shutterstock.com – 167962706
Görsel 4.15	www.shutterstock.com – 229787209
Görsel 4.16	www.shutterstock.com – 243006967
Görsel 4.17	www.shutterstock.com – 157997021
Görsel 4.18	www.shutterstock.com – 98069774
Görsel 4.19	www.shutterstock.com – 188406512
Görsel 4.20	www.shutterstock.com – 1015090825
Görsel 4.21	www.shutterstock.com – 196016876
Görsel 4.22	Yayınevi arşivi
Görsel 4.23	Yayınevi arşivi
Görsel 4.24	Yayınevi arşivi
Görsel 4.25	http://bursa.meb.gov.tr/enerjiyonetimi/proje-detay.php?p=10
Görsel 4.26	http://bilgiidunyamteknoloji.blogspot.com/2015/07/sonsuz-dongulu-devridaim-makineleri-bu.html
Görsel 4.27	Yayınevi arşivi
Görsel 4.28	www.shutterstock.com – 197558354 – 216958807 – 344328578
Görsel 4.29	www.shutterstock.com – 215626654
Görsel 4.30	www.shutterstock.com – 113655994
Görsel 4.31	www.shutterstock.com – 335440535
Görsel 4.32	www.shutterstock.com – a) 86087944, b) Yayınevi arşivi
Görsel 4.33	www.shutterstock.com – 12007363
Görsel 4.34	www.shutterstock.com – 529618147

Görsel 4.35	www.shutterstock.com – 84426316
Görsel 4.36	https://cdn.sciencespacerobots.com/2012pics/pelamis_wave_power_machine.jpg
Görsel 4.37	https://inhabitat.com/files/aquabuoy.jpg
Görsel 4.38	www.shutterstock.com – 129934136
Görsel 4.39	Yayınevi arşivi

5. ÜNİTE

5. Ünite kapağı	www.shutterstock.com – 144222931
Görsel 5.1	www.shutterstock.com – a) 2478499943, b) 84687736
Görsel 5.2	Yayınevi arşivi
Görsel 5.3	Yayınevi arşivi
Görsel 5.4	Yayınevi arşivi
Görsel 5.5	www.shutterstock.com a) 139633271, b) 132140534
Görsel 5.6	www.shutterstock.com – 132555524
Görsel 5.7	Yayınevi arşivi
Görsel 5.8	www.shutterstock.com – 589512272
Görsel 5.9	www.shutterstock.com – 368721465
Görsel 5.10	www.shutterstock.com – 142415143
Görsel 5.11	www.shutterstock.com – 49995793
Görsel 5.12	www.shutterstock.com – 241178560
Görsel 5.13	www.shutterstock.com – a) 70953994, b) 219752521, c) 161200553
Görsel 5.14	Yayınevi arşivi
Görsel 5.15	Yayınevi arşivi
Görsel 5.16	www.shutterstock.com – 30341269
Görsel 5.17	Yayınevi arşivi
Görsel 5.18	Yayınevi arşivi
Görsel 5.19	www.shutterstock.com – 152373290
Görsel 5.20	www.shutterstock.com – 89253883
Görsel 5.21	Yayınevi arşivi
Görsel 5.22	www.shutterstock.com – 82277848
Görsel 5.23	www.shutterstock.com – 114847642
Görsel 5.24	www.shutterstock.com – 235033792
Görsel 5.25	www.shutterstock.com – 185806241
Görsel 5.26	www.shutterstock.com – 109394111 – 52835665
Görsel 5.27	Yayınevi arşivi
Görsel 5.28	www.shutterstock.com – 8068657
Görsel 5.29	www.shutterstock.com – 55223521
Görsel 5.30	www.shutterstock.com – 190829462
Görsel 5.31	www.shutterstock.com –109698713
Görsel 5.32	www.shutterstock.com – 155217797
Görsel 5.33	www.shutterstock.com – 203848738

Görsel 5.34	www.shutterstock.com – 1053316490
Görsel 5.35	Yayınevi arşivi
Görsel 5.36	Yayınevi arşivi
Görsel 5.37	www.shutterstock.com –142804030
Görsel 5.38	www.shutterstock.com – 103323245
Görsel 5.39	www.shutterstock.com –114839167

6. ÜNİTE

6. Ünite kapağı	www.shutterstock.com – 137792540
Görsel 6.1	www.shutterstock.com – 557947720
Görsel 6.2	www.shutterstock.com – 550082380
Görsel 6.3	www.shutterstock.com – 296378426
Görsel 6.4	www.shutterstock.com – 296378420
Görsel 6.5	www.shutterstock.com – 348724621
Görsel 6.6	www.shutterstock.com – 683664079
Görsel 6.7	http://www.camxahoc.vn/wp-content/uploads/2012/06/faraday-cage200po.jpg
Görsel 6.8	Yayınevi arşivi
Görsel 6.9	Yayınevi arşivi
Görsel 6.10	www.shutterstock.com – 115828231
Görsel 6.11	https://i.pinimg.com/originals/6f/63/2a/6f632afd9f9e87d55275c88cb0b0c4ac.jpg
Görsel 6.12	www.shutterstock.com – 714765604